

电工技术无师自通系列丛书

照明线路识读与故障检测

	李良洪	陈	影	主	编
潘	平	叶	鹏	李志勇	副主编
	付少波	孙	昱	主	审

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书紧跟现代技术的发展,以传统的照明技术为基础内容,把前沿知识融入书中。

本书首先介绍照明线路识读基础、照明电器基础知识、普通导电材料,然后介绍照明灯控制线路、照明线路的保护,最后介绍照明线路的运行维护与故障排除。本书以简洁明了的文字与通俗易懂的插图,辅以实际应用举例和经验,使复杂的理论容易被读者接受和理解,从而达到活学活用的目的。

本书可供初学照明线路的技术人员参考,也可作为高职高专相关专业学生的参考用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容
版权所有,侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

照明线路识读与故障检测/李良洪,陈影主编. —北京:电子工业出版社,2015.1

(电工技术无师自通系列丛书)

ISBN 978-7-121-24973-0

I. ①照… II. ①李… ②陈… III. ①电气照明—线路—识别②电气照明—线路—故障检测

IV. ①TM923

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 275678 号

责任编辑:万子芬 特约编辑:徐 宏

印 刷:

装 订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×980 1/16 印张:9.75 字数:218 千字

版 次:2015 年 1 月第 1 版

印 次:2015 年 1 月第 1 次印刷

印 数:3 500 册 定价:35.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

本书以常用照明灯控制线路为主线，通过大量的图片和基本原理的讲解，使电工爱好者和初学者在实践中逐步理解照明线路的基本环节与基本作用，达到正确识读照明线路的目的，同时能对照明线路进行运行维护与故障排除。

本书力求深入浅出、语言精练、通俗易懂，突出实用性，并通过大量范例进行讲解，逐步深入地介绍学看电气图的方法和步骤，兼顾覆盖面，并注意培养读者分析问题和解决问题的能力，使之从易到难，循序渐进，更好地了解和掌握照明线路的工作原理及绘制方法。

全书共 6 章：第 1 章照明线路识读基础，第 2 章照明电器基础知识，第 3 章普通导电材料，第 4 章照明灯控制线路，第 5 章照明线路的保护，第 6 章照明线路的运行维护与故障排除。

本书由李良洪、陈影任主编，潘平、叶鹏、李志勇任副主编，参加本书编写工作的还有何惠英、俞妍、李纪红、胡云朋、赵玲等，全书由付少波、孙昱主审。

在编写本书时，引用了众多电工师傅和电气工作者的成功经验和资料，难以一一列举，谨在此向有关杂志和资料的作者表示诚挚的谢意。同时，由于时间仓促、作者实践经验和学识水平有限，书中的缺点、错误和不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

目 录

第一章 照明线路识读基础	(1)
第一节 电气图的组成和表达形式	(1)
一、电气图的组成	(1)
二、电气图的表达形式	(2)
三、电气图的主要特点	(3)
第二节 电气图的分类及其特点	(3)
一、系统图（或框图）	(4)
二、电路图	(5)
三、接线图（或接线表）	(9)
四、逻辑图	(11)
第三节 常用电气图形符号和电气项目代号	(16)
一、常用电气图形符号	(16)
二、电气项目代号	(18)
三、电气设备常用文字符号	(19)
第四节 识读电气图的基本方法和步骤	(27)
一、识读电气图的必备知识	(27)
二、识读电气图的基本方法	(28)
三、识读电气图的基本步骤	(29)
第二章 照明电器基础知识	(31)
第一节 光的基础知识	(31)
一、光的基本概念	(31)
二、光的传播特性	(36)
三、物体的光照性能	(39)
四、光源的显色性能	(41)
第二节 常用电光源	(41)
一、光源的分类	(41)
二、电光源的主要性能指标	(44)
三、常用电光源的特点及适用场所	(46)
四、白炽灯	(47)
五、卤钨灯	(50)

六、荧光灯	(51)
七、节能型荧光灯	(57)
八、LED 灯	(59)
第三节 常用灯具	(65)
一、照明灯具的型号编制	(65)
二、照明灯具的分类	(67)
三、工厂灯具型号的组成和含义	(71)
四、部分灯具的主要技术数据	(72)
五、照明灯具的选择	(74)
第四节 常用照明附件	(75)
一、灯座	(75)
二、开关	(77)
三、插座	(78)
第三章 普通导电材料	(80)
第一节 裸导线	(81)
第二节 电磁线	(84)
第三节 绝缘导线	(90)
第四节 电缆	(93)
第四章 照明灯控制线路	(98)
第一节 照明灯常用控制线路	(98)
一、照明灯基本控制线路	(98)
二、触摸式照明灯应用电路	(99)
三、声、光控制照明灯应用电路	(100)
四、红外遥控照明灯应用电路	(103)
五、渐亮渐暗照明灯应用电路	(107)
六、门控照明灯应用电路	(108)
七、门厅照明灯自动控制应用电路	(109)
第二节 延时照明灯控制线路	(113)
一、按钮控制式延时照明灯应用电路	(113)
二、开关控制式延时照明灯应用电路	(114)
三、触摸式延时照明灯应用电路	(115)
四、感应式延时照明灯应用电路	(116)
五、光控延时照明灯应用电路	(117)
六、光控、触摸控制式延时照明灯应用电路	(118)

七、声、光双控延时照明灯应用电路	(119)
八、声、光、触摸三控延时照明灯应用电路	(120)
第三节 调光灯控制线路	(121)
一、无级调光灯应用电路	(122)
二、触摸式调光灯应用电路	(123)
三、无线电遥控调光灯应用电路	(124)
第四节 彩灯控制线路	(125)
一、声控变色彩灯应用电路	(125)
二、声控循环彩灯应用电路	(126)
三、声控闪烁彩灯应用电路	(127)
四、闪烁装饰彩灯应用电路	(129)
五、彩灯控制器应用电路	(130)
第五节 路灯、警示灯控制线路	(132)
一、光控路灯开关电路	(132)
二、警示灯控制应用电路	(133)
第五章 照明线路的保护	(135)
第一节 照明线路保护的类型	(135)
一、短路保护	(135)
二、过载保护	(135)
三、接地故障保护	(135)
第二节 照明线路常用的保护装置	(136)
一、熔断器	(136)
二、低压断路器	(137)
三、漏电保护装置	(138)
四、照明配电箱	(138)
第三节 照明线路保护装置的装设	(138)
一、保护装置的装设类别	(138)
二、保护装置的装设位置	(138)
三、保护装置装设的注意事项	(139)
第四节 照明线路保护装置的选择	(139)
一、熔断器的选择与校验	(139)
二、断路器（自动开关）的选择、整定与校验	(140)
第六章 照明线路的运行维护与故障排除	(141)
第一节 照明线路的运行维护	(141)

一、照明装置的一般运行要求	(141)
二、照明装置的巡视、检查周期	(141)
三、照明装置的检查内容	(142)
第二节 照明线路的常见故障及其排除	(142)
一、断路故障及其排除	(142)
二、短路故障及其排除	(144)
三、混线故障及其排除	(146)
四、漏电故障及其排除	(147)

第一章 照明线路识读基础

第一节 电气图的组成和表达形式

一、电气图的组成

电气图一般由电路、技术说明和标题栏三部分组成。电气图在画面上的分布位置如图 1-1 所示。

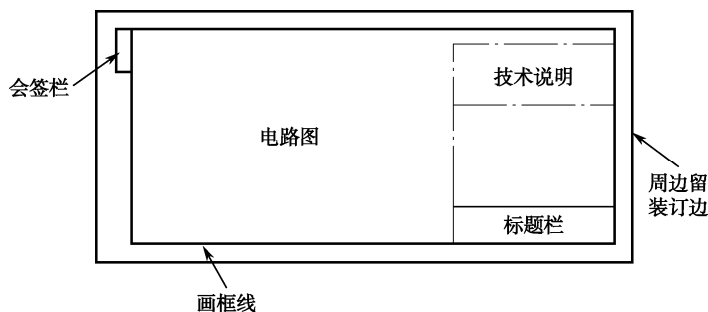


图 1-1 电气图画面上的分布位置

1. 电路

电路的结构形式和所能完成的任务是多种多样的，就构成电路的目的来说一般有两类，一是进行电能的传输、分配与转换，如图 1-2 (a) 所示的电力系统；二是进行信息的传递和处理，如图 1-2 (b) 所示的扩音机。这里着重介绍前一类电路。

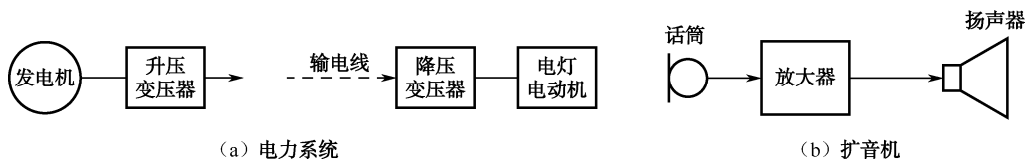


图 1-2 电路示意图

进行电能的传输、分配与转换的电路（以下简称电路），通常分为主电路和辅助电路两部分。主电路也叫一次回路，是电源向负载输送电能的电路，它一般包括发电机、变压器、



开关、接触器、熔断器和负载等。辅助电路也叫二次回路，是对主电路进行控制、保护、监测、指示的电路，它一般包括继电器、仪表、指示灯、控制开关等。通常主电路通过的电流较大，导线的线径较粗；而辅助电路中的电流较小，导线的线径也较细。

电路是电气图的主要构成部分。由于电气元件的外形和结构比较复杂，因此采用国家统一规定的图形符号和文字符号来表示电气元件的不同种类、规格以及安装方式。此外，不同用途的电气图要绘制成不同的形式。有的只绘制电路图，以便了解电路的工作过程及特点；有的只绘制装配图，以便了解各电气元件的安装位置及配线方式。对于比较复杂的电路，通常还绘制安装接线图。必要时，还要绘制分开表示的接线图（俗称展开接线图）、平面布置图等，供生产部门和用户使用。

2. 技术说明

电气图中的文字说明和元件明细表等总称为技术说明。文字说明注明电路的某些要点及安装要求等，通常写在电路图的右上方，若说明较多，通常采用附页来说明。元件明细表用来列出电路中元件的名称、符号、规格和数量等。元件明细表以表格的形式写在标题栏的上方，元件明细表中的序号是按自下而上的顺序进行编排的。

3. 标题栏

标题栏画在电路图的右下角，其中注有工程名称、图名、图号，还有设计人、制图人、审核人、批准人的签名和日期等。标题栏是电路图的重要技术档案，栏目中的签名者对图中的技术内容要各负其责。

二、电气图的表达形式

1. 简图

简图是用图形符号、带注释的框或简化外形表示系统或设备中各组成部分之间相互关系及其连接关系的电路图。在不致引起混淆的情况下，简图也可简称为图。显然，电气图的大多数图，如概略图（也称系统图或框图）、逻辑图、功能图、电路图、接线图等都属于简图。

简图并不是指内容“简单”，而是指形式的“简化”，它是相对于严格按几何尺寸、绝对位置等绘制而成的机械图而言的。

简图的特点：

- ① 各组成部分或电气元件用电气图形符号表示，而不具体表示其外形及结构等特征。
- ② 在相应的图形符号旁标注文字符号、数字编号。
- ③ 按功能和电流流向表示各装置、设备及电气元件的连接关系和相互位置。



④ 没有投影关系，不标注尺寸。

2. 表图

表图是一种新的图种。它是用数量很少的专用图形符号和文字说明相结合的方法，来描述两个或两个以上变量之间关系的一种图，如曲线图、时序图、功能表图等。在不致引起混淆的情况下，表图也可简称为图。需要指出，表图不能理解为图表，因为表图的表达形式主要是图而不是表。

3. 表格

表格把数据等内容采用纵横排列的方式进行展示，用于说明系统、成套设备中各组成部分间的相互关系或连接关系，以及用于提供工作参数。表格可简称为表，如常见的设备表等。

三、电气图的主要特点

与机械图、建筑图以及其他专业的技术图相比，电气图主要具有以下特点：

- ① 简图是电气图的主要形式。
- ② 元件和连接线是电气图的主要表达内容。
- ③ 图形符号、文字符号是组成电气图的主要要素。
- ④ 电气图中的电气元件均按自然状态绘制。

所谓“自然状态”，即电气元件和设备的可动部分表示为不工作或非激励（未通电、未受外力作用）的状态或位置，如接触器线圈未通电，因而其触点在还未动作的位置，断路器、负荷开关等在断开位置。

⑤ 电气图往往与主体工程及其他配套工程的图有密切关联。

第二节 电气图的分类及其特点

电气图是电气技术领域中最重要提供信息的方式，其表达对象、提供信息类型及表达方式的不同，构成了电气图的多样性。例如，表明系统的规模、整体方案、组成情况、主要特性时，需要概略图；表示系统、装置的电气作用原理，分析电路特性时，需要电路图；表示电气装置各元件间的连接关系，便于安装和接线时，需要接线图；在数字电子电路中，还有表明功能件所实现的逻辑功能的逻辑图等。各类型的电气图除了遵循电气图的一般规则外，还有各自的特点。

电气图的种类很多，本书仅介绍系统图（也称概略图或框图）、电路图、逻辑图、接线图。



一、系统图（或框图）

系统图（或框图）是用符号或带注释的框概略地表示系统、分系统、成套装置或设备的基本组成、相互关系及其主要特征的一种简图。从体系的角度看，系统图（或框图）概括地表达了设计的整体方案、简要工作原理、主要组成部分及各个组成部分间的相互关系；从功能的角度看，系统图（或框图）概略地表达了各个组成部分的主要特征，即对项目的功能和作用等作出简要的说明。

系统图可分不同层次绘制，可参照绘图对象的逐级分解来划分层次。较高层次的系统图可反映对象的概况；较低层次的系统图，可将对象表达得较为详细。

系统图为进一步编制详细技术文件以及绘制逻辑图、电路图、接线图、平面图等，为进行有关的电气计算、选择导线与开关等设备，为拟定配电装置的布置和安装位置等，提供主要依据，供安装、操作和维修时参考。

系统图（或框图）的布局采用功能布局法，能清晰表达过程和信息的流向，便于识图。控制信号流向与过程流向应相互垂直。基本形式有以下几种。

① 用一般符号绘制的系统图：图 1-3 所示为只有一个变配电所的某工厂供电系统图，图 1-4 为某住宅楼照明配电系统图。

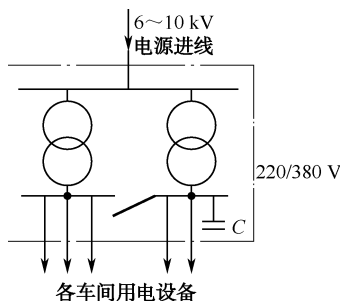


图 1-3 供电系统

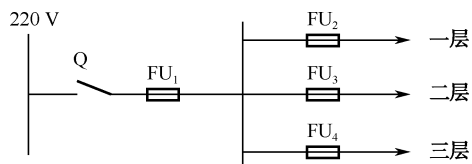


图 1-4 住宅楼照明配电系统

② 框图：表示系统（或分系统）的组成，通常采用框图的形式。图 1-5 是某整流装置构成的框图，它主要由整流器及其对整流输出电压、电流的大小进行控制的装置的图形符号构成。

③ 与非电流程统一绘制的系统图：在某些情况下能更清楚表示系统的构成和特征。图 1-6 所示是表示某一水泵电动机供电和给水统一绘制的系统图。它表示了电动机供电、水泵工作和控制三个部分间的连接关系。

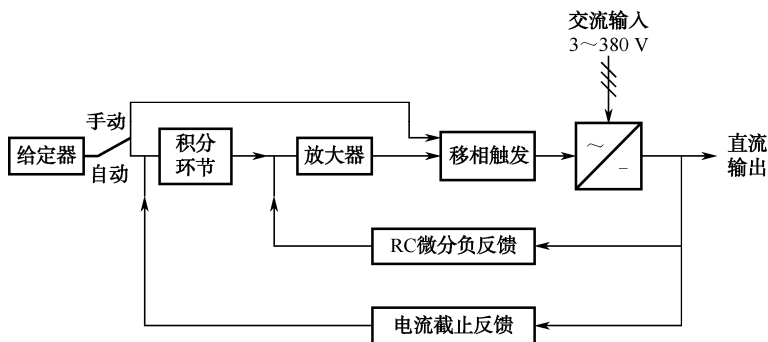


图 1-5 整流装置构成

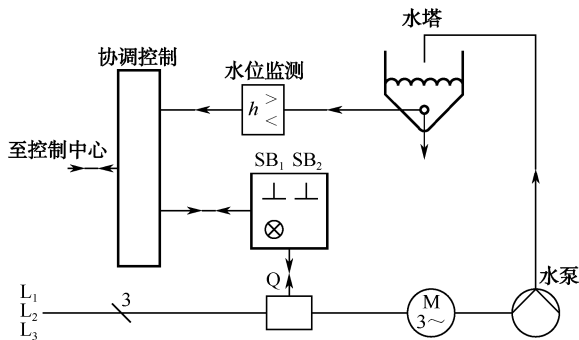


图 1-6 水泵电动机供电和给水统一绘制的系统图

二、电路图

1. 电路图的主要用途

电路图是采用图形符号和文字符号并按工作顺序详细表示电路、设备或成套装置的基本组成和连接关系，而不考虑其实际位置的一种图形。电路图可用于详细理解电路表达对象的工作原理，分析和计算电路特性，为测试和寻找故障提供信息，并为绘制接线图提供依据。电路图可单独绘制，也可与接线图、功能图（表）等组合绘制。

2. 电路图的基本规定

① 设备和元件的表示方法：在电路图中，设备和元件采用符号表示，也可采用简化外形表示，并应以适当形式标注其代号、名称、型号、规格、数量等。

② 设备和元件的工作状态：设备和元件的可动部分通常应表示在非激励或不工作的状态或位置。

③ 符号的布置：对于驱动部分和被驱动部分之间采用机械连接的设备和元件（例如继



电器的线圈和触点)，以及同一设备的多个元件（例如转换开关的各对触点），可在图上采用集中布置、半集中布置和分开布置的布置方法。

3. 电路图的表示方法

① 图幅分区法（也称坐标法）。图纸通常由边框线、图框线、标题栏、会签栏组成，其格式如图 1-7 所示。

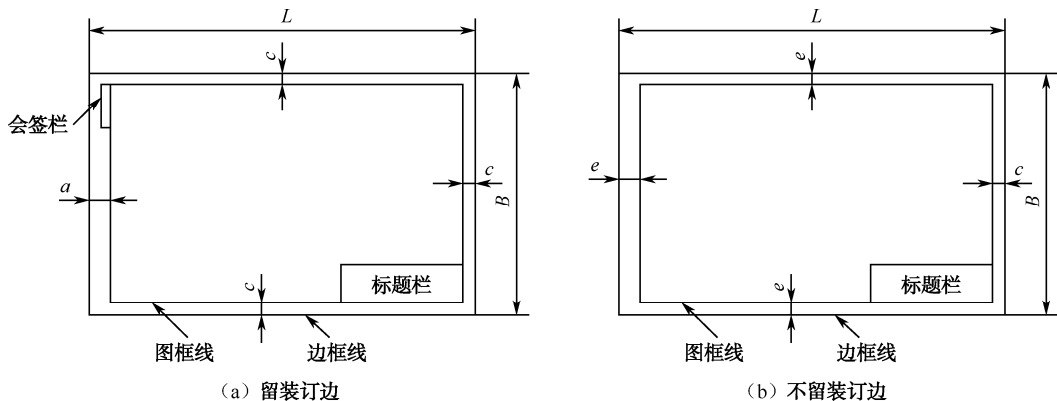


图 1-7 图纸格式

图纸幅面简称图幅（也称幅面），指由边框线所围成的图面。通常根据图的复杂程度和图线的密集程度选定图幅。电气图的基本幅面有五种，其幅面代号及其尺寸如表 1-1 所示。由表可知，A0 幅面的长边恰好为 A1 幅面短边的 2 倍，A0 幅面的短边恰好与 A1 幅面长边相等，因此将 A0 幅面沿长边对折，可以得到两张 A1 的幅面。其他幅面之间也近似有这种关系。

表 1-1 基本幅面的代号及尺寸

幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
宽×长 ($B \times L$) / mm	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297
留装订边宽 (c) / mm	10	10	10	5	5
不留装订边宽 (e) / mm	20	20	10	10	10
装订侧边宽 (a) / mm	25	25	25	25	25

若基本幅面不能满足要求，按规定可以加大幅面。A0~A2 号图纸一般不得加长，A3、A4 号图纸可根据需要，沿短边加长。如果图纸需要加长，应采用表 1-2 所规定的幅面。



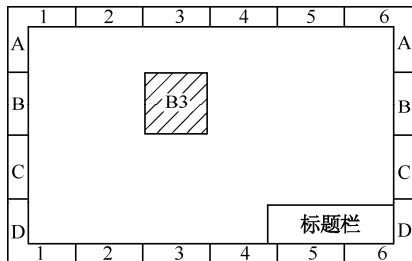
表 1-2 加长图纸的代号及尺寸

幅面代号	A3×3	A3×4	A4×3	A4×4	A4×5
宽×长 (B×L) / mm	420×891	420×1189	297×630	297×841	297×1051

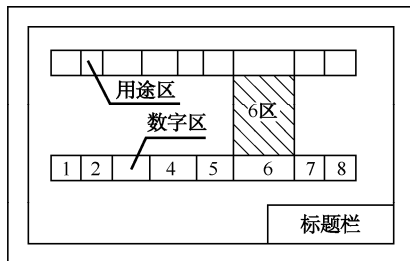
图幅分区即将整个图样的幅面分区,将图纸相互垂直的两边各自加以等分,每一分区长度为 25~27 mm。然后从图样的左上角开始,在图样周边的竖边方向按行用大写字母分区编号,横边方向按列用数字分区编号,图中某个位置的代号用该区域的字母和数字组合起来表示。图幅分区后,相当于在图样上建立了一个坐标系。电气图上项目和连接线的位置则由此“坐标”而唯一地确定。

项目和连接线在图上的位置的表示方式有三种:用行的代号(字母)表示,例如 A、B;用列的代号(数字)表示,例如 3、4;用区的代号表示。区的代号为字母和数字的组合,且字母在左,数字在右,例如 B3、C4。

在采用图幅分区法的电路中,对于水平布置的电路,一般只需标明行的标记;对于垂直布置的电路,一般只需标明列的标记;复杂的电路图才需要标明组合标记,如图 1-8 (a) 所示阴影部分的位置表示成 B3。图中的位置及标记方法如表 1-3 所示。



(a) 普通电气图的图幅分区



(b) 机床电气控制线路的图幅分区

图 1-8 图幅分区法

表 1-3 分区位置代号及标记方法

符号或元件的图中位置	标 记 方 法	
有关联的符号在同一张图内	本图中的 B 行	B
	本图中的 3 列	3
	本图中的 B 行 3 列 (B3 区)	B3
有关联的符号不在同一张图内	具有相同图号的第 2 张图中的 B3 区	2/B3
	图号为 1235 单张图中的 B3 区	图 1235/B3
	图号为 1235 的第 2 张图中的 B3 区	图 1235/2/B3
按项目代号确定位置的方式 (例如,所指项目为 P1 系统)	P1 系统单张图中的 B3 区	P1/B3
	P1 系统的第 2 张图中的 B3 区	P1/2/B3



在某些电路图中，例如机床电气控制线路图中，由于控制电路内的支路多，且各支路元件布置与功能也不相同，图幅分区可采用图 1-8 (b) 的形式。只对图的一个方向分区，分区数不限，各个分区长度也可不等。这种方式既不影响分区检索，又可反映用途，有利于看图。

② 电路编号法。电路编号法对图样中的电气元件或分支电路用数字按序编号。若水平布图，数字编号按自上而下的顺序；若垂直布图，数字编号按自左而右的顺序。数字分别写在各支路下端，若要表示元件相关联部分所在位置，只需在元件的符号旁标注相关联部分所处支路的编号即可。

图 1-9 所示为某电路的部分支路，电路从左向右编号。线圈 K_1 下方标注“12”，说明受线圈 K_1 驱动的触点在 12 号支路上；而 12 号支路上触点 K_1 下方标注“11”，说明驱动本触点的线圈在 11 号支路上，其余可类推。

③ 表格法。表格法是指在图的边缘部分绘制一个按项目代号进行分类的表格。表格中的项目代号和图中相应的图形符号在垂直或水平方向对齐，图形符号旁仍需标注项目代号。图上的各项目与表格中的各项目一一对应。这种位置表示法便于对元件进行归类 and 统计。

图 1-10 是两级放大器电路，其元件位置就是采用表格法来表示的。

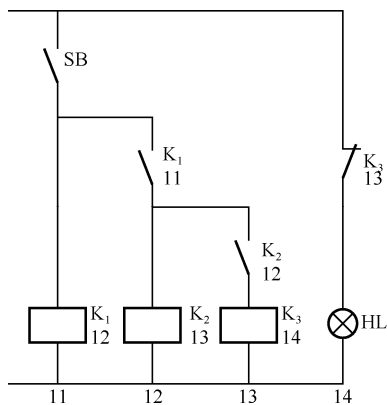


图 1-9 电路编号法

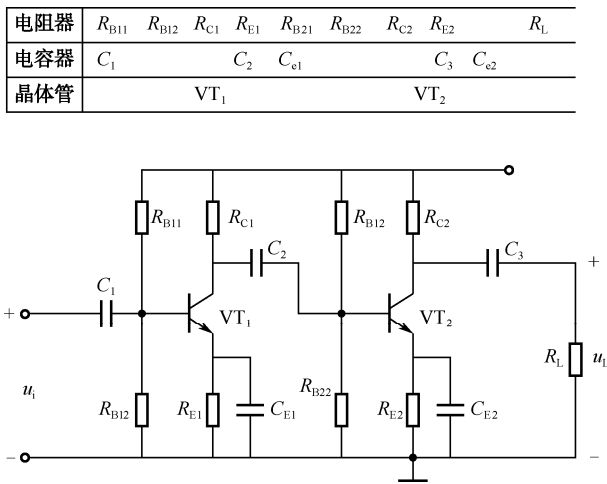


图 1-10 表格法（两级放大电路）

4. 电路图的基本形式

① 集中式电路图：将一个元件各组成部分的图形符号绘制在一起的方法。习惯上称为电路原理图，如图 1-11 所示，集中表示法仅适用于简单的图。

② 分开式电路图：为了便于理解，允许重复某些限定符号，如常见的展开图。将原理图上的控制、保护部分单独取出，按每个设备的作用，把同一动作回路画在一起，这样就



会把一个电气设备的线圈和接点分开画在几处，其间没有任何连接符号相连，只是标上了相同的项目代号，如图 1-12 所示。为了较迅速查找到同一项目的所有部分，可以采用插图和表格。

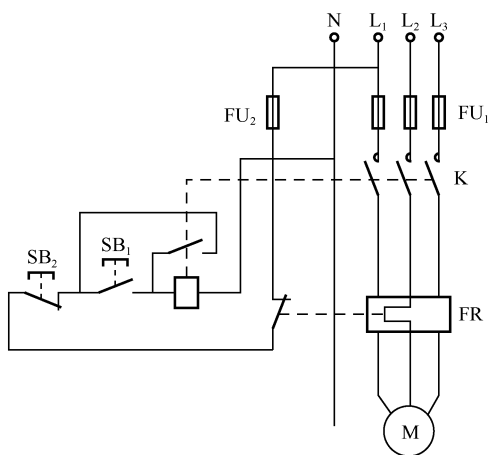


图 1-11 集中式表示法
(电动机控制电路原理图)

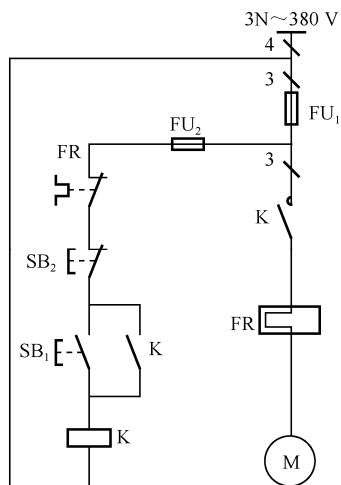


图 1-12 分开式表示法
(电动机控制电路展开图)

三、接线图 (或接线表)

接线图 (或接线表) 是表示电气设备或成套装置中各元器件之间连接关系的一种简图 (或表格)，用来进行安装接线、线路检查、线路维修和故障处理。接线图和接线表只是表达相同内容的两种不同形式，两者的功能完全相同，可以单独使用，也可以组合在一起使用，一般以接线图为主，接线表为辅。

接线图中的元件、器件、部件和成套设备等项目，一般采用简化外形符号 (如矩形、正方形、圆形) 表示，必要时也可用图形符号表示。符号旁边应标注项目代号和端子代号并应与电路图中的标注一致。

在接线图中，端子一般用图形符号和端子代号表示；当用简化外形表示端子所在的项目时，可不画端子符号，仅用端子代号表示。

1. 单元接线图 (或单元接线表)

表示成套装置或设备中一个结构单元内部各元件间连接情况的图或表，表示方法有两种：



① 连续线表示法。端子之间的连接导线用实线条表示，如图 1-13 (a) 所示，某电能表的单元接线图。

② 中断线表示法。端子之间的连接导线不连线条，而只在每个端子处标明相连导线对两端子的代号，即采用“对面标号法”来标注端子，如图 1-13 (b) 所示。

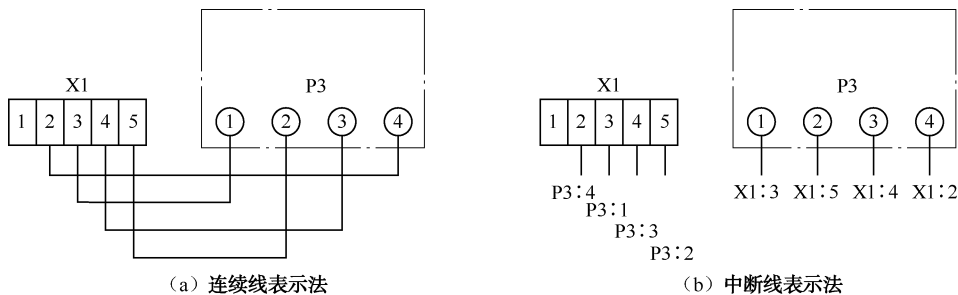


图 1-13 连接导线的表示方法

2. 互连接线图 (或互连接线表)

表示成套装置或设备内两个或两个以上单元之间线缆连接关系的图 (或表)。连接线比较多时，可用加粗的线条来表示导线组或电缆。图 1-14 所示为采用中断线表示法的互连接线图。图中三个项目代号为 +A、+B、+C，其内部各有一只端子板，项目代号 -X1。项目 +A 和 +B 间用 107 号电缆相连，+B 和 +C 之间用 108 号电缆相连，+A-X1 的 3 号和 4 号端子上接有 109 号电缆，该电缆接至 +D。对于图 1-14 所示的互连接线图，可用表 1-4 来表示。

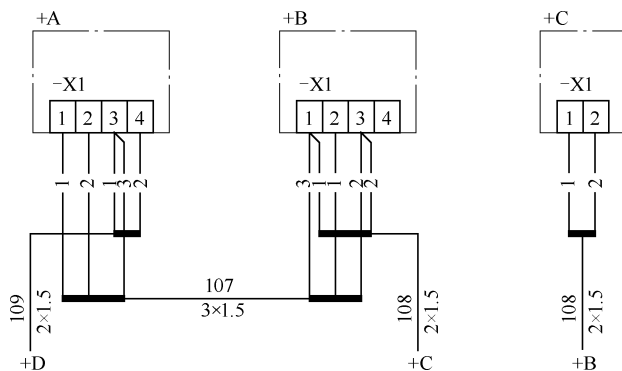


图 1-14 用中断线表示互连接线图

接线图和接线表是在电路图、位置图等类图的基础上绘制和编制出来的，因此在实际应用中，接线图通常要和电路图、平面位置图结合使用。



表 1-4 互连接线表示实例

线 缆 号	线 号	线缆型 号规格	连 接 点 I			连 接 点 II		
			项目代号	端子号	参考	项目代号	端子号	参考
107	1	3×1.5	+A-X1	1	109.1	+B-X1	2	108.2 108.1
	2			2			3	
	3			3			1	
108	1	2×1.5	+B-X1	1		+C-X1	1	
	2			3			2	
109	1	2×1.5	+A-X1	3		+D		
	2			4				

注：“参考”栏内的数字编号，例如 109.1 表示 109 号电缆的 1 号线，它和 107 号电缆的 3 号线连在同一个端子（+A-X1 上的 3 号端子）上。

四、逻辑图

逻辑图是用二进制逻辑单元图形符号绘制的、用于实现一定逻辑功能的一种简图。它分为理论逻辑图（纯逻辑图）和工程逻辑图（详细逻辑图）两类。理论逻辑图只表示功能而不涉及实现方法，因此是一种功能图。详细逻辑图不仅表示功能，还表示实现方法，因此是一种电路图。

1. 二进制逻辑单元图形符号

① 二进制逻辑单元图形符号的结构模式

逻辑图的主要组成部分是二进制逻辑单元。二进制逻辑单元的图形符号由一个方框或若干个方框的组合、一个或多个限定符号（包括关联标记）组成。

图 1-15 所示为逻辑图符号的概念图解。图中“**”表示总限定符号的最佳位置，总限定符号用于说明逻辑单元执行的逻辑功能，是表示方框功能的主要部分；“（**）”表示总限定符号的替换位置；单个“*”表示与输入、输出有关的限定符号（包括关联标记）的允许位置。

② 方框

方框有单元框、公共框和公共输出框三种，如图 1-16 所示。方框可以组合、邻接或镶嵌，尺寸任意。

单元框是基本框，用于表示元件的组成部分。公共框用来表示元件阵列的公共部分，其上标注阵列的公共输入、输出。公共输出单元框用来表示公共输出单元的输

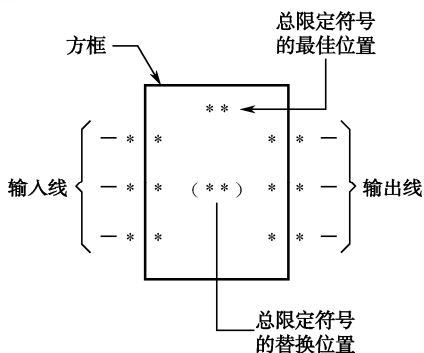


图 1-15 逻辑图符号结构的概念图解

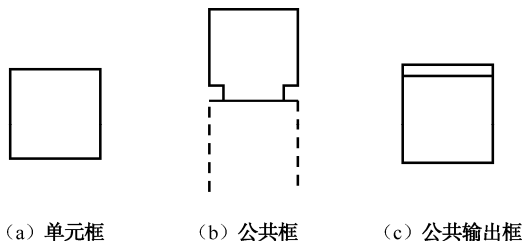


图 1-16 方框

③ 限定符号（有三类）

- 表示逻辑单元功能的限定符号（总限定符号）。
- 与输入、输出有关的限定符号。
- 表示某些输入、输出及输入与输出间特定关系的关联符号。在“关联标注法”中常使用“影响的”和“受影响的”两个术语。“影响输入”可以对“受影响的输入”或“受影响的输出”产生影响。“影响的”是主动者，“受影响的”是被动者。在应用中，在“影响”端标注关联符号，并在关联符号后紧跟一个标识符号；相应地把同一标识符号标注在“受影响”端。

2. 逻辑图状态及其有关约定

① 内部逻辑状态和外部逻辑状态

逻辑代数中的变量存在的两种可能的状态，称之为逻辑状态。逻辑状态可以用启动与停止、接通与断开、真与假、是与非等来描述，而在二进制逻辑系统中，总用“1”、“0”表示逻辑状态。

对于逻辑单元图形符号，新标准引入了“外部逻辑状态”和“内部逻辑状态”两个概念，如图 1-17 所示。



图 1-17 逻辑状态概念图解

内部逻辑状态指的是二进制逻辑单元图形符号框内输入、输出端处的逻辑状态；外部逻辑状态指的是二进制逻辑单元图形符号框外输入、输出端处的逻辑状态。对于输入端而



言,输入端逻辑状态指的是任何限定符号之前(如图 1-17 中输入端 b 的逻辑非符号的左边)的逻辑状态;对输出端而言,输出端逻辑状态指的是任何限定符号之后(如图 1-17 中输出端 c 的逻辑非符号的右边)的逻辑状态。

内部逻辑状态与外部逻辑状态的概念图解如图 1-18 所示,“*”是限定符号,a、b 是输入的外部逻辑状态, a' 、 b' 是输入的内部逻辑状态。a 与 a' 、b 与 b' 是否相同取决于输入的限定符号。c 是输出的外部逻辑状态, c' 是输出的内部逻辑状态,c 与 c' 是否相同,取决于输出的限定符号。

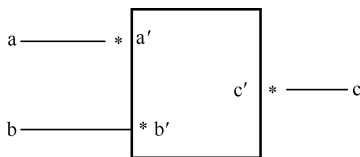


图 1-18 内部逻辑状态与外部逻辑状态的概念图解

② 逻辑电平

逻辑电平是用来表示逻辑状态的一种物理量。在采用电子器件的数控系统中,是用两个不同量值的电位表示逻辑变量的逻辑状态。

这两个电量值一般用“H”代表逻辑高电平,用“L”代表逻辑低电平。

在数字电路中,所谓电平就是电位。高、低电平表示的都是一定的电压范围。

3. 逻辑状态和逻辑电平之间的关系

① 采用逻辑非符号的逻辑约定(又称单一逻辑约定)

逻辑非符号“o”一般出现在图形符号的输入、输出端,这意味着符号两边的逻辑状态相反。在图 1-19(a)中,具有逻辑非符号的 a 输入端的“外部 1 状态”与其“内部 0 状态”相对应,或“外部 0 状态”与其“内部 1 状态”相对应。无逻辑非符号的 b 输出端外部逻辑状态与内部逻辑状态相同。对于采用逻辑非符号的图形符号和逻辑图,需要确定逻辑电平和逻辑状态之间的对应关系,即进行逻辑约定。既可以采用正逻辑约定,也可以采用负逻辑约定,但在同一张逻辑图中,只能采用一种逻辑约定,因此采用逻辑非符号的逻辑约定又称单一逻辑约定。

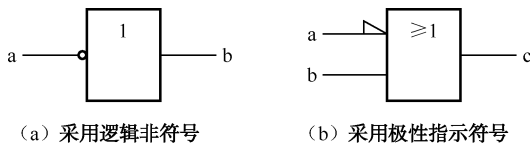


图 1-19 不同的逻辑约定

在正逻辑约定中,高电平(H)与逻辑“1”状态相对应,低电平(L)与逻辑“0”状



态相对应；在负逻辑约定中，高电平（H）与逻辑“0”状态相对应，低电平（L）与逻辑“1”状态相对应。

② 采用极性指示符号的逻辑约定（又称混合逻辑约定）

极性指示符号“ \triangle ”也用在图形符号的输入、输出端，通过极性指示符号的有无来表示输入、输出端的外部逻辑电平与内部逻辑状态之间的关系。例如在图 1-19（b）中，当 a 输入端有极性指示符号时，其外部 L 电平与内部“1”状态相对应，其外部 H 电平与内部“0”状态相对应；当 b 输入（c 输出）端无极性指示符号时，其外部 H 电平与内部“1”状态相对应，其外部 L 电平与内部“0”状态相对应。

值得强调的是，在采用逻辑非符号的图形符号中，既存在外部逻辑状态又存在外部逻辑电平，此时不能同时使用极性指示符号，如图 1-20（a）所示；在采用极性指示符号的图形符号中，则只存在外部逻辑电平，不存在外部逻辑状态，此时不能使用逻辑非符号，如图 1-20（b）所示。

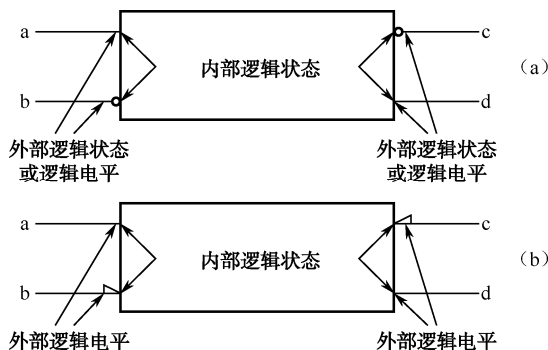


图 1-20 内部或外部逻辑状态（或电平）图解

4. 逻辑图的特点

① 逻辑图的布图

逻辑图的布图通常从左到右或从上到下，清晰反映信息的流向，图形符号的方位不能任意改变，输入线和输出线分别置于图形符号相对的两侧，并与图形符号的框线相垂直，一般输入线在左侧，输出线在右侧。

② 连接线及其标记

二进制逻辑单元图形符号及符号之间的连接线（如输入、输出线）是构成逻辑图的两个基本要素。逻辑图上各单元之间的连接线及单元的输入、输出线称为信号线。

在绘制逻辑图时，需在连接线上给出连接线标记，以使逻辑图更易被绘制和理解。新标准规定，组成逻辑图连接线完整信息的标记字符串通常应提供下述三类信息：信号相互关联的信息；信号的功能说明，即信号名；在采用极性指示符号的图中，还应给出信号名



的真值与逻辑电平之间的对应关系,将所对应的电平书写在信号名字符之后,并用圆括号括起来,例如 ALARM (H) 或 ALARM (L)。

③ 非逻辑元件的连接

逻辑图中经常需要用到一些非逻辑元件,如电容器、电阻器、指示灯、继电器、开关等。这些元件控制逻辑单元时,在这类元件的连接处要标出波形、电平来表示它们动作的条件。这些元件的接线端子上,不能出现逻辑非符号。

④ 时序图

在时序电路中,为了更清晰的反映时钟脉冲 CP、输入信号、输出信号之间的对应关系,即信号出现的顺序,以便对设备进行维护、调整或阐明电路功能,除了用逻辑图外,还要画出它们的工作波形图,即时序图。

⑤ 真值表

一种列出了逻辑变量全部取值情况的表格。真值表列出了逻辑图中所有逻辑变量的全部取值情况,是逻辑图的重要补充,可以更充分地表达逻辑图的功能。

5. 理论逻辑图和工程逻辑图

理论逻辑图(也称纯逻辑图)用来表达系统的功能、逻辑连接关系以及工作原理,而不涉及实现逻辑功能的硬件电路,在理论逻辑图上只反映逻辑状态,不反映逻辑电平,当然也不涉及逻辑约定问题。因此,理论逻辑图只能采用逻辑非符号,而不能采用极性指示符号绘制。

工程逻辑图(也称详细逻辑图)不仅要表明系统的功能、逻辑连接和工作原理,而且要确定实现逻辑功能的硬件电路、实现逻辑功能的实际器件和工程化的内容,例如数字电路的品种型号,它们之间的连接以及对未用单元和未用引出端所做的处理等。为了实现数字系统产品的某种电气特性和机械特性,还需确定插接件、电阻器、电容器等其他非数字电路元件。因此,工程逻辑图既可以采用逻辑非符号也可以采用极性指示符号。采用逻辑非符号时,应在逻辑图上注明所采用的逻辑约定是正逻辑还是负逻辑;在采用极性指示符号时,不必注明逻辑约定。工程逻辑图比理论逻辑图要复杂得多,它是数字系统产品生产、检查、调试、使用和维修不可缺少的文件。

根据理论逻辑图绘制工程逻辑图时,应按下列步骤和方法进行:

① 确定可以采用的硬件电路和逻辑约定。

② 用硬件电路的图形符号代替理论逻辑图中相应功能的图形符号,并用连接线连接起来。此外,在需要的地方可插入非门或反相器。

③ 补充信号名及其他信息。



第三节 常用电气图形符号和电气项目代号

电气工程图中的元件、设备、装置、线路及其他安装方法等,是按简图形式绘制的。在一般情况下都是借用图形符号、文字符号和项目代号来表达的。这些符号就像电气工程语言中的“词汇”。我们阅读电气工程图时,首先要了解和熟悉这些符号的形式、内容、含义及他们之间的关系。

一、常用电气图形符号

通常用于图样或其他文件,以表示一个设备或概念的图形、标记或字符,是电路图最基本的组成部分。

常用电气图形符号如表 1-5 所示。

表 1-5 常用电气图形符号表

图 形 符 号	符 号 说 明	图 形 符 号	符 号 说 明
	一般三相电源开关		低压断路器
	动合触点		动断触点
	启动按钮		停止按钮
	复合触点		复合按钮
	动合延时闭合触点		动断延时打开触点
	动合延时打开触点		动断延时闭合触点
	转换开关		线圈
	桥式整流装置		热元件

续表

图 形 符 号	符 号 说 明	图 形 符 号	符 号 说 明
	接地		交流电动机
	电容器		电阻器
	蜂鸣器		指示灯
	接触器 中间继电器		变压器
	动合触点		动断触点
	熔断器		熔断器式刀开关
	熔断器式隔离开关		熔断器式负荷开关
	二极管		晶闸管
	PNP 型三极管		NPN 型三极管
	热效应		操作件 (拉拨操作)
	电磁效应		操作件 (旋转操作)
	延时动作 (形式 1)		操作件 (按动操作)
	延时动作 (形式 2)		操作件, 应急; 应急操作件, “蘑菇头”式的
	自动复位		操作件 (接近效应操作)
	自锁		操作件 (接触操作)
	磁场效应或磁场效应消失		操作件, 手动 (带防护) 带有防止无意操作的手动控制操作件
	手动操作件, 一般符号		操作件 (手轮操作)
	操作件 (电动机操作)		操作件 (脚踏操作)
	操作件 (电钟操作)		操作件 (可拆卸手柄操作)



续表

图 形 符 号	符 号 说 明	图 形 符 号	符 号 说 明
	操作件（电磁效应驱动）		操作件（凸轮操作）
	操作件（半导体） 半导体操作		压力控制
	操作件（液位控制）		转速控制

二、电气项目代号

为便于查找、区分各种图形符号所表示的元器件、装置和设备，在电路图上采用一种称为“项目代号”的特定代码，标注在各个图形符号的旁边。电路图上的每个图形符号所表示的元器件、装置与系统都可称为项目。

一个完整的项目代号应包括四个代号段，即高层代号、位置代号、种类代号和端子代号。可见，项目代号不仅提供项目种类，而且还提供项目的层次关系、实际位置等信息。

各代号段可由拉丁字母或数字组成，也可由拉丁字母和数字组合而成。为了区分各代号段，分别规定了前缀符号：

高层代号段为“=”

位置代号段为“+”

种类代号段为“-”

端子代号段为“:”

使用前缀符号可使各代号段以适当方式进行组合。为了避免图面不必要的拥挤，项目代号允许适当简化，不一定包含全部四个代号段，根据需要可以由一个代号段构成，也可以由几个代号段构成，甚至省去前缀符号，使电路图简单、清晰。各代号段的构成方法如表 1-6 所示。

表 1-6 项目代号各代号段的构成方法

代号段名称	说 明	组 成 方 法	举 例
种类代号“-”	用于识别项目种类的代号	前缀符号加字母代码和数字序号。其中字母代码就是文字符号，如表 1-7 所示	-W5-PJ2 简化为 W5PJ2 表示：电度表 PJ2 属于线路 W5 上使用
高层代号“=”	指系统或设备中较高层次项目的代号	前缀符号加字母和数字序号	=A4-W5PJ2 表示：线路 W5 又是 4 号开关柜 A 内的线路

续表

代号段名称	说 明	组 成 方 法	举 例
位置代号“+”	表示项目在设备、系统或建筑中实际位置的代号	前缀符号加字母和数字构成	+106+C+3 简化为+106C3, 如图 1-21 所示 表示: 106 室有四个开关柜和控制柜的开关室。列用字母表示, 机柜用数字表示。C 列第 3 机柜的位置代号为+106+C+3
端子代号“: ”	表示接线端子、插头、插座、连接片一类元件上的端子	前缀符号加数字构成	X1: 3 表示: 端子板 1 上的第 3 号端子

设备的位置代号如图 1-21 所示。

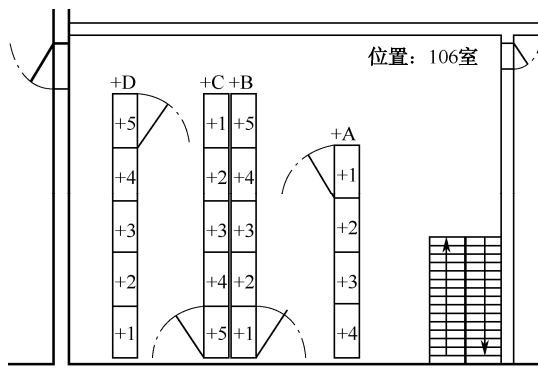


图 1-21 设备的位置代号

三、电气设备常用文字符号

文字符号适用于电气技术领域技术文件的编制, 用于标明电气设备、装置和元器件的名称及电路的功能、状态和特征。

根据我国最新公布的电气图用文字符号的国家标准(新标准编号 GB/T20939-2007)规定, 文字符号采用大写正体的拉丁字母, 分为基本文字符号和辅助文字符号两类。基本文字符号分为单字母和双字母两种。单字母符号按拉丁字母顺序将各种电气设备、装置和元器件分为 23 大类, 每大类用一个专用单字母符号表示, 如“R”表示电阻器类、“C”表示电容器类等, 单字母符号应优先采用。

双字母符号由一个表示种类的单字母符号与另一个字母组成, 其组合形式应以单字母符号在前、另一个字母在后的次序列出。如“TG”表示电源变压器, “T”为变压器单字母符号。只有在单字母符号不能满足要求、需要将某大类进一步划分时, 才采用双字母符号, 以便较详细和具体地表达电气设备、装置和元器件等。各类常用基本文字符号如表 1-7 所示。



表 1-7 电气设备常用基本文字符号

电气设备、装置 和元器件种类	举 例	基本文字符号	
	中 文 名 称	单 字 母	双 字 母
组件部件	分离元件放大器	A	—
	激光器		
	调节器		
	本表其他地方未提及的组件、部件		
	电桥		AB
	晶体管放大器		AD
	集成电路放大器		AJ
	磁放大器		AM
	电子管放大器		AV
	印制电路板		AP
	抽屉柜		AT
	支架盘		AR
非电量到电 量变换器或 电量到非电 量变换器	热电传感器	B	—
	热电池		
	光电池		
	测功计		
	晶体换能器		
	送话器		
	拾音器		
	扬声器		
	耳机		
	自整角机		
	旋转变压器		
	模拟和多级数字变换器或传感器（用作指示和测量）		
	压力变换器		BP
	位置变换器		BQ
	旋转变换器（测速发电机）		BR
	温度变换器		BT
	速度变换器		BV



续表

电气设备、装置 和元器件种类	举 例	基本文字符号	
	中 文 名 称	单 字 母	双 字 母
电容器	电容器	C	—
二进制元件 延迟器件 存储器件	数字集成电路和器件	D	—
	延迟线		
	双稳态元件		
	单稳态元件		
	磁芯存储器		
	寄存器		
	磁带记录机		
	盘式记录机		
其他元器件	本表其他地方未规定的器件	E	—
	发热器件		EH
	照明灯		EL
	空气调节器		EV
保护器件	过电压放电器件避雷器	F	—
	具有瞬时动作的限流保护器件		FA
	具有延时动作的限流保护器件		FR
	具有延时和瞬时动作的限流保护器件		FS
	熔断器		FU
	限压保护器件		FV
发生器 发电机电源	旋转发电机振荡器	G	—
	发生器		GS
	异步发电机		GA
	蓄电池		GB
	旋转式或固定式变频器		GF
信号器	声响指示器	H	HA
	光指示器		HL
	指示灯		HL
继电器 接触器	瞬时接触继电器	K	KA
	瞬时有或无继电器		KA
	交流继电器		KA



续表

电气设备、装置 和元器件种类	举 例	基本文字符号	
	中 文 名 称	单 字 母	双 字 母
继电器 接触器	闭锁接触继电器（机械闭锁或永磁铁式有或无继电器）	K	KL
	双稳态继电器		KL
	接触器		KM
	极化继电器		KP
	簧片继电器		KR
	延时有或无继电器		KT
	逆流继电器		KR
电感器 电抗器	感应线圈	L	—
	线路陷波器		
	电抗器（并联和串联）		
电动机	电动机	M	—
	同步电动机		MS
	可做发电机或电动机用的电机		MG
	力矩电动机		MT
模拟元件	运算放大器 混合模拟/数字器件	N	—
测量设备 试验设备	指示器件	P	—
	记录器件		
	计算测量器件		
	信号发生器		
	电流表		PA
	（脉冲）计数器		PC
	电度表		PJ
	记录仪器		PS
	时钟、操作时间表		PT
	电压表		PV
电力电路的 开关器件	断路器	Q	QF
	电动机保护开关		QM
	隔离开关		QS



续表

电气设备、装置 和元器件种类	举 例	基本文字符号	
	中 文 名 称	单 字 母	双 字 母
电阻器	电阻器	R	—
	变阻器		—
	电位器		RP
	测量分路表		RS
	热敏电阻器		RT
	压敏电阻器		RV
控制、记忆、 信号电路的 开关器件选择器	拨号接触器	S	—
	连接级		—
	控制开关		SA
	选择开关		SA
	按钮开关		SB
	机电式有或无传感器（单级数字传感器）		—
	液体标高传感器		SL
	压力传感器		SP
	位置传感器（包括接近传感器）		SQ
	转数传感器		SR
	温度传感器		ST
变压器	电流互感器	T	TA
	控制电路电源用变压器		TC
	电力变压器		TM
	磁稳压器		TS
	电压互感器		TV
调制器 变换器	鉴频器	U	—
	解调器		
	变频器		
	编码器		
	变流器		
	逆变器		
	整流器		
	电报译码器		



续表

电气设备、装置 和元器件种类	举 例	基本文字符号	
	中 文 名 称	单 字 母	双 字 母
电子管 晶体管	气体放电管	V	—
	二极管		VD
	晶体管		—
	晶闸管		—
	电子管		VE
	控制电路用电源的整流器		VC
传输通道 波导 天线	导线	W	—
	电缆		
	母线		
	波导		
	波导定向耦合器		
	偶极天线		
	抛物天线		
端子 插头 插座	连接插头和插座	X	—
	接线柱		
	电缆封端和接头		
	焊接端子板		
	连接片		XB
	测试插孔		XJ
	插头		XP
	插座		XS
	端子板		XT
电气操作的 机械器件	气阀	Y	—
	电磁铁		YA
	电磁制动器		YB
	电磁离合器		YC
	电磁吸盘		YH
	电动阀		YM
	电磁阀		YV

续表

电气设备、装置 和元器件种类	举 例	基本文字符号	
	中 文 名 称	单 字 母	双 字 母
终端设备	电缆平衡网络	Z	—
混合变压器	压缩扩展器		
滤波器	晶体滤波器		
均衡器	网络		
限幅器			

电工常用辅助文字符号如表 1-8 所示。

表 1-8 电工常用辅助文字符号

文 字 符 号	名 称	文 字 符 号	名 称
A	电流	M	主
A	模拟	M	中
AC	交流	M	中间线
A	自动	M	手动
AUT		MAN	
ACC	加速	N	中性线
ADD	附加	OFF	断开
ADJ	可调	ON	闭合
AUX	辅助	OUT	输出
ASY	异步	P	压力
B	制动	P	保护
BRK		PE	保护接地
BK	黑	PEN	保护接地与中性线共用
BL	蓝	PU	不接地保护
BW	向后	R	记录
C	控制	R	右
CW	顺时针	R	反
CCW	逆时针	RD	红
D	延时（延迟）	R	复位
D	差动	RST	
D	数字	RES	备用
D	降	RUN	运转



续表

文字符号	名称	文字符号	名称
DC	直流	S	信号
DEC	减	ST	启动
E	接地	S	置位, 定位
EM	紧急	SET	
F	快速	SAT	饱和
FB	反馈	STE	步进
FW	正, 向前	STP	停止
GN	绿	SYN	同步
H	高	T	温度
IN	输入	T	时间
INC	增	TE	无噪声(防干扰)接地
IND	感应	V	真空
L	左	V	速度
L	限制	V	电压
L	低	WH	白
LA	闭锁	YE	黄

电工测量仪表常用文字符号如表 1-9 所示。

表 1-9 测量仪表常用文字符号

文字符号	名称	文字符号	名称
A	安培表	varh	乏时表
mA	毫安表	Hz	频率表
μA	微安表	λ	波长表
kA	千安表	$\cos\varphi$	功率因数表
Ah	安培小时表	φ	相位表
V	伏特表	Ω	欧姆表
mV	毫伏表	$\text{M}\Omega$	兆欧表
kV	千伏表	n	转速表
W	瓦特表(功率表)	h	小时表
kW	千瓦表	$\theta(^{\circ})$	温度表(计)
var	乏表(无功功率表)	\pm	极性表
Wh	瓦时表(电度表)	ΣA	和量仪表(如电量和量表)



第四节 识读电气图的基本方法和步骤

一、识读电气图的必备知识

识读电气图之前，必须要知道的基础知识较多，但最主要的有以下几个方面。

1. 掌握一定的基础知识

学习掌握一定的电工、电子技术基本知识，了解各类电气设备的性能、工作原理，并清楚有关触点动作前后状态的变化关系。

2. 掌握典型电路的特性

对常用常见的典型电路，如过流、欠压、过负荷、控制、信号电路的工作原理和动作顺序有一定的了解。

3. 掌握电气图形符号的含义

熟悉国家统一规定的电气设备的图形符号、文字符号、数字符号、回路编号规定通则及相关的国标。了解常见常用的外国电气图形符号、文字符号、数字符号、回路编号及国际电工委员会（IEC）规定的通常符号和物理量符号。

4. 熟悉导线颜色标记的代号

颜色标记的字母代码一般由该颜色的英文单词缩写表示。

① 字母代码。电气线路图中常用颜色标记的字母代码如表 1-10 所示。

表 1-10 电气线路图中常用颜色标记的字母代码

颜色名称	字母代码	颜色名称	字母代码
黑色	BK	灰色（蓝灰）	GY
棕色	BN	白色	WH
红色	RD	粉红色	PK
橙色	OG	金黄色	GD
黄色	YE	青绿色	TQ
绿色	GN	银白色	SR
蓝色（包括淡蓝）	BU	绿/黄双色	GNYE
紫色（紫红）	VT		



② 同一部件的颜色组合。在同一部件上,有些用的是颜色组合标注方式,通常是按照表 1-10 中的顺序,将不同颜色的字母代码相连来表示。例如,红/蓝双色部件的颜色代码为 RDBU。

③ 不同部件的不同颜色。对于不同部件上的不同颜色,各颜色标记的字母代码之间是用“+ (加号)”隔开的。例如,具有两根黑色、一根红色、一根蓝色和一根绿/黄双色的五芯电缆的颜色代码为 BK+BK+RD+BU+GNYE。

5. 了解绘制二次回路图的基本方法

电气图中一次回路用粗实线画出,二次回路用细实线画出;一次回路画在图纸左侧,二次回路画在图纸右侧。由上而下先画交流回路,再画直流回路。同一电器中不同部分(如线圈、触点)不画在一起时用同一文字符号标注。对接在不同回路中的相同电器,在相同文字符号后面标注数字来区别。

6. 掌握开关、触点的画面状态

电路中开关、触点位置均在“平常状态”绘制。所谓“平常状态”,是指开关、继电器线圈在没有电流通过及无任何外力作用时触点的状态。通常说的动合、动断触点都指开关电器在线圈无电、无外力作用时它们是断开或闭合的,一旦通电或有外力作用时触点状态随之改变。

二、识读电气图的基本方法

有些电气图虽然不算太复杂,但如果从电路原理上掌握其连线规律,诊断线路故障就比较困难,所以要顺利修好常用电气设备,就必须读懂和掌握电气电路图,尤其是初学者,更要学会如何识读电气电路图。对于各类电气图的识读,通常有以下几种基本识图方法。

1. 结合电工、电子技术基础知识看图

在实际生产的各个领域,所有电路(如输变配电、电力拖动、照明、电子电路、仪器仪表和家电产品等)都是建立在电工、电子技术理论基础之上的。因此,要想迅速、准确地看懂电气图,必须具备一定的电工、电子技术知识。如三相鼠笼式异步电动机的正转和反转控制,就是利用电动机的旋转方向是由三相电源的相序来决定的原理,用倒顺开关或两个接触器进行切换,来改变输入电动机的电源相序,从而改变电动机的旋转方向。

2. 结合电气元件的结构和工作原理看图

在电路中有各种电气元件,如配电电路中的负荷开关、断路器、熔断器、互感器、电表等,电力拖动电路中常用的各种继电器、接触器和各种控制开关等,电子电路中常用的



各种晶体二极管、晶体三极管、晶闸管、电容器、电感器以及各种集成电路等。因此在看电气图时,首先应了解这些电气元件的性能、结构、工作原理、相互控制关系及其在整个电路中的地位和作用。

3. 结合典型电路识图

典型电路就是常见的基本电路,如电动机的启动、制动、正反转控制、过载保护、时间控制、顺序控制、行程控制电路,晶体管整流、振荡和放大电路,晶闸管触发电路,脉冲与数字电路等。

不管多么复杂的电路,几乎都是由若干典型电路所组成。因此,熟悉各种典型电路,在看图时就能迅速地分清主次环节,抓住主要矛盾,从而看懂较复杂的电路图。

4. 结合有关图纸说明看图

图纸说明表述了该电气图的所有电气设备的名称及其数码代号,通过阅读说明可以初步了解该图有哪些电气设备。然后通过电气设备的数码代号在电路图中找到该电气设备,再进一步找出相互连线、控制关系,就可以尽快读懂该图,了解该电路的特点和构成。

5. 结合电气图的制图要求看图

电气图的绘制有一些基本规则和要求,这些规则和要求是为了加强图纸的规范性、通用性和示意性而提出的,可以利用这些制图的知识准确看图。制图基本知识包括:

- ① 在绘制电路图时,各种电气元件都使用国家统一规定的文字符号和图形符号。
- ② 主电路部分用粗线画出,控制电路部分用细线画出。一般情况下,主电路画在左侧,控制电路图画在右侧。
- ③ 同一电器的各部分不画在一起、根据其作用原理分散绘出时,为了便于识别,用同一文字符号对其进行标注。
- ④ 对完成具有相同性质任务的几个电气元件,在文字符号后加上数码以示区别。
- ⑤ 电路中所有电气元件都按“平常”状态绘制。

三、识读电气图的基本步骤

各类电气电路图的识读通常有以下基本步骤。

1. 阅读设备说明书

阅读设备说明书,可以了解设备的机械结构、电气传动方式及电气控制要求,电动机和电气元器件的分布情况及设备的使用操作方法和各种按钮、开关、熔断器等的作用。



2. 阅读图纸说明

拿到图纸后首先要看图纸说明,搞清设计内容和施工要求,就能了解图纸的大体情况,抓住读图的重点。图纸说明通常包括图纸目录、技术说明、元器件明细表和施工说明等。

3. 阅读主题栏

在认真阅读图纸说明的基础上,接着阅读主标题栏,了解电气图的名称及标题栏中有关内容。凭借有关的电路基础知识,能够对该电气图的类型、性质、作用等有明确的认识,同时大致了解电气图的内容。

4. 识读系统图(或框图)

阅读图纸说明后,就要识读系统图(或框图),从而了解整个系统(或分系统)的概况,即它们的基本组成、相互关系及主要特征,为进一步理解系统(或分系统)的工作打下基础。

5. 识读电路图

为了进一步理解系统(或分系统)的工作原理,要仔细识读电路图。电路图是电气图的核心,看图难度大。对于复杂的电路图,应先看相关的逻辑图和功能图。

识读电路图时,先要分清主电路和控制电路、交流电路和直流电路,其次按照先看主电路、再看控制电路的顺序看图。看主电路时,通常从下往上看,即从用电设备开始,经控制元件,顺次往电源看。通过识读主电路,要搞清用电设备是怎样从电源取电的,电源经过哪些元件到达负载等。看控制电路时,应自上而下、从左向右看,即先看电源,再看各条回路。通过看控制电路,要搞清它的回路构成、各元件间的联系(如顺序、互锁等)、控制关系和在什么条件下回路构成通路或断路,分析各回路元件的工作状况及其对主电路的控制情况,从而搞清楚整个系统的工作原理。

6. 识读接线图

接线图是以电路图为依据绘制的,因此要对照电路图来看接线图。看接线图时,也要先看主电路,再看控制电路。看接线图要根据端子标志、回路标号,从电源端顺次查下去,搞清线路的走向和电路的连接方法,即搞清每个元件是如何通过连线构成闭合回路的。看主电路时,从电源输入端开始,顺次经控制元件和线路到用电设备,与看电路图有所不同。看控制电路时,要从电源的一端到电源的另一端,按元件的顺序对每个回路进行分析。接线图中的线号是电气元件之间导线连接的标记,线号相同的导线原则上都可以接在一起。由于接线图多采用单线表示,因此对导线的走向应加以辨别,还要搞清端子板内外电路的连接情况。

第二章 照明电器基础知识

电气照明是指利用一定的装置和设备将电能转换成光能，为人们的日常生活、工作和生产提供照明。电气照明一般由电光源、灯具、控制开关和控制线路等组成，它具有灯光稳定，易于控制、调节及安全、经济等优点，成为现代人工照明中应用最为广泛的一种照明方式。

电气照明按照明形式可分为一般照明、局部照明和混合照明，按照明性质可分为正常照明、应急照明、警卫照明、值班照明、标志照明、景观照明等，按应用场合可分为交通运输、工矿企业、文化艺术、建筑装饰和民用五大类。

第一节 光的基础知识

一、光的基本概念

光是一种辐射能。通常照明范围的光是指能引起人的视觉、波长在 380~780 nm 的电磁波，即“可见光”，它在电磁波中的位置如图 2-1 所示。可见光按波长依次排列可以得到可见光谱。不同波长的可见光，在视觉上会形成不同的颜色，只含有一种波长成分的可见光称为单色光。通常将可见光分为紫（380~430 nm）、蓝（430~450 nm）、青（450~490 nm）、绿（490~570 nm）、黄（570~600 nm）、橙（600~630 nm）和红（630~780 nm）七种单色光。

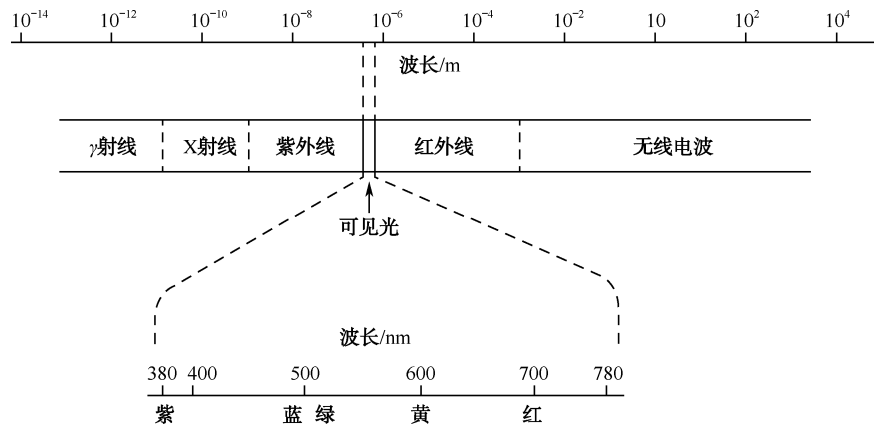


图 2-1 电磁波谱



在可见光紫光区的左边小于 380 nm 的是一个紫外波段，而在红光区右边大于 780 nm 的是一个红外波段。这两个波段的电磁波虽然不能引起人的视觉，但由于它们能够有效地转换成可见光，所以通常把紫外线、可见光和红外线统称为光。

1. 光源

通常是指能够发出可见光的发光体。一般有天然光源和人工光源两种：天然光源，如太阳；人工光源，在照明技术中主要是电光源。

2. 光谱

光线按波长大小顺序的分布称为光谱。每种光源都可以按其波长组成而在光谱图上显示出其光谱能量分布图。太阳光和白炽灯泡的光谱能量分布为连续曲线，而一般放电灯为非连续曲线。

3. 光通量

光通量是按照国际照明委员会（CIE）标准观察者的视觉特性来评价光的辐射通量的，其定义为单位时间内光源向周围空间辐射出可见光的能量，用符号 Φ 表示。

当辐射体发出的辐射通量按 $V(\lambda)$ 曲线的效率被人眼接收时，其表达式为

$$\Phi = K_m \int_0^\infty \frac{d\Phi(\lambda)}{d\lambda} V(\lambda) d\lambda \quad (2-1)$$

式中 Φ ——光通量，单位为 lm；

K_m ——最大光谱光效能，在单色辐射时，明视觉条件下的 K_m 值为 6831 m/W ($\lambda_m = 555 \text{ nm}$)；

$V(\lambda)$ ——明视觉的光谱光效率；

$d\Phi(\lambda)/d\lambda$ ——辐射通量的光谱分布。

光通量的单位是流明 (lm)，在国际单位制中，光度学的基本单位是发光强度单位坎德拉 (cd)，流明是一个导出单位，即具有均匀光强度 1 cd 的点光源在单位立体角 1 sr (球面度) 内发出的光通量为 1 lm。

光通量是根据人眼对光的感觉来评价光源在单位时间内光辐射能量的大小的。例如：一只 200 W 的白炽灯泡比一只 100 W 的白炽灯泡看上去要亮得多，这说明 200 W 灯泡在单位时间内所发出光的量要多于 100 W 的灯泡所发出光的量。

光通量是说明光源发光能力的基本量。例如，一只 220 V、40 W 的白炽灯泡的光通量为 350 lm，而一只 220 V、36 W、6200 K 的 T8 荧光灯的光通量约为 2500 lm，这说明荧光灯的发光能力比白炽灯强，这只荧光灯的发光能力是这只白炽灯的 7 倍。



4. 发光强度

发光强度简称光强，它表示光源向空间某一方向辐射的光通密度。所以，一个光源向给定方向的立体角 $d\omega$ 内发射的光通量 $d\Phi$ 与该立体角之比，称为光源在给定方向的光强，用符号 I 表示，其表达式为

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega} \quad (2-2)$$

立体角的定义是任意一个封闭的圆锥面所围的空间。立体角是以锥的顶点为球心，半径为 r 的球面被锥面所截得的面积来度量的。当锥面在球面上截得的面积为 dA ，则该立体角即为一个单位立体角 $d\omega$ ，其表达式为

$$d\omega = \frac{dA}{r^2} \quad (2-3)$$

当光源发射的光通量比较均匀时，各个方向的光强相等，其值为

$$I = \frac{\Phi}{\omega} \quad (2-4)$$

式中 Φ ——光源在立体角 ω 内所辐射的总光通量，单位为 lm ；

ω ——光源辐射光通量的空间立体角：若 r 为球的半径 (m)， s 为与立体角 ω 相对应的球的表面积 (m^2)，则 $\omega = s/r^2$ 。

若点光源向四周发射的光通量为 Φ ，由于球体包含的立体角 ω 为 4π ，所以，其平均球面光强为

$$I = \frac{\Phi}{4\pi} \quad (2-5)$$

发光强度的单位是坎德拉 (cd)，也就是过去的国际烛光，简称烛光 (candle-power)， $1 \text{ cd} = 1 \text{ lm}/1 \text{ sr}$ 。坎德拉是国际单位制的基本单位之一，其他光度量单位都是由光强的单位推导出来的。

发光强度是用来描述光源发出的光通量在空间给定方向上的分布情况的。当光源发出的光通量一定时，光强的大小只与光源的光通量在空间的分布密度有关。例如，桌上有一盏 $220 \text{ V}/40 \text{ W}$ 白炽灯，其发出的光通量为 350 lm ，该灯泡的平均光强为 $350/4\pi = 28 \text{ cd}$ 。若在该灯泡上面装上一盏不透光的平盘型灯罩之后，桌面看上去就要比没有灯罩时亮许多。在这种情况下，灯泡发出的光通量并没有变化，但加了灯罩之后，光通量经灯罩反射后更为集中地分布在灯的下方，向下的光通量增加了，相应的光强提高了，亮度也就增加了。

5. 照度

当光源的光通量投射到物体表面时，即可把物体表面照亮。那么，对于被照物体而言，常用照度来衡量落在它表面上的光通量的多少，即照度是描述被照面被照射的程度的光度



量。其定义为：被照物体表面上一点的照度等于入射到该表面包含这点的面积元上的光通量 $d\Phi$ 与面积元 dA 之比。简单地说，就是被照面上单位面积入射的光通量。照度用符号 E 表示，其表达式为

$$E = \frac{d\Phi}{dA} \quad (2-6)$$

若任一被照面 A 上入射的光通量均为 Φ ，则可用平均照度表示，即

$$E = \frac{\Phi}{A} \quad (2-7)$$

照度的国际单位制单位是勒克斯 (lx)。1 lx 表示在 1 m^2 面积上均匀分布 1 lm 光通量的照度值，即 $1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$ 。

若采用 cm 作长度单位，则照度单位用辐透 (ph) 来定义，1 ph 表示 1 cm^2 面积上均匀分布 1 lm 光通量，即 $1 \text{ ph} = 1 \text{ lm/cm}^2$ 。辐透的千分之一叫做毫辐透 (mph)，即 $1 \text{ mph} = 10^{-3} \text{ ph}$ 。

照度的英制单位是英尺-坎德拉，或称英尺烛光 (fc)，当 1 平方英尺 (ft^2) 被照面均匀地接受 1 lm 光通量时，该被照面的照度值为 1 fc，即 $1 \text{ fc} = 1 \text{ lm/ft}^2$ 。表 2-1 列出几种照度单位的换算关系。

表 2-1 照度单位换算表

照度大小	勒克斯/ (lm/m^2)	英尺-坎德拉/ (lm/ft^2)	辐透/ (lm/cm^2)	毫辐透/mph
1 勒克斯/ (1 lx)	1	9.29×10^{-2}	1×10^{-4}	0.1
1 英尺-坎德拉/ (1 fc)	10.76	1	1.076×10^{-3}	1.076
1 辐透/ (1 ph)	1×10^4	929	1	1×10^3
1 毫辐透/ (1 mph)	10	0.929	1×10^{-3}	1

6. 亮度

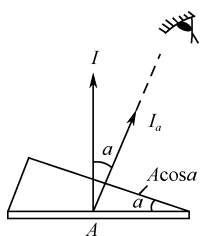


图 2-2 亮度说明图

发光体 (含光源及反光体) 在人眼视线方向 (参看图 2-2) 单位投影面上的发光强度，称为发光体的亮度，单位为坎/米² (cd/m^2)，即

$$L = \frac{I_a}{A \cos \alpha} = \frac{I}{A} \quad (2-8)$$

由式 (2-8) 可知，亮度实际上与人眼视线无关。

亮度是描述发光面或反光面上光的明亮程度的光度量，并且亮度考虑了光的辐射方向，所以它是表征发光面在不同方向上的光学特性的物理量。

若以光源上一点 S 为研究对象，如图 2-3 所示，首先在该发光面上取一包含 S 点的足够小的面积元，面积元的面积为 dA (m^2)。观察者从某一方向观察该发光面，发光面上 S 点向观察者发出的光强为 dI (cd)，且该方向与面积元法线方向的夹角为 θ ，则该发光面上 S 点在



指向观察者方向上的亮度可定义为：该方向上的发光强度 dI 与包含 S 点的面元 dA 在垂直于观察者方向上的投影面积 $dA \cos \theta$ 之比，即单位投影面积上的发光强度。亮度用符号 L 表示，给定方向（ θ 方向）上的亮度用 L_θ 表示，其表达式为

$$L_\theta = \frac{dI}{dA \cos \theta} \quad (2-9)$$

式 (2-9) 表明，亮度与被视物体的发光强度或反光面的反光程度有关，还与发光面或反光面的面积有关。例如，在同一照度下，并排放着的白色和黑色物体，因物体表面对光的反射程度不同，人眼看起来的视觉效果也不同，总觉得白色物体要亮得多；而对两个发光强度完全相同的物体，例如功率相同的一个普通白炽灯泡和一个磨砂玻璃灯泡来说，它们在视觉上引起的明亮程度也不同，后者看起来不及前者亮，这是因为磨砂玻璃表面凹凸不平，发光面积较大的缘故。

若发光面是一个理想的漫射体（漫射发光体或漫反射体），它的光强将按余弦分布，即

$$I_\theta = I_0 \cos \theta \quad (2-10)$$

则

$$L_\theta = \frac{I_0 \cos \theta}{dA \cos \theta} = \frac{I_0}{dA} = L_0 \quad (2-11)$$

式 (2-11) 表明，漫射体的亮度是一个常数 L_0 ，与方向无关。其特点是：从任意方向看该漫射体的表面时，其亮度都是一样的，如图 2-4 所示。

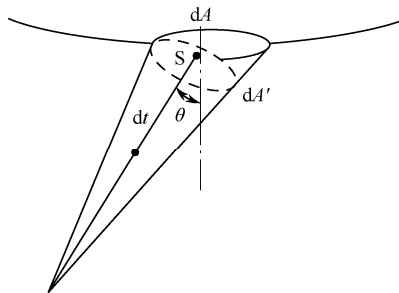


图 2-3 光源一个单位面积上的亮度

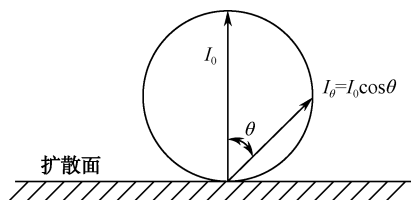


图 2-4 理想漫反射面的光强分布

亮度的国际单位制单位是坎德拉/平方米 (cd/m^2)。当 1 m^2 发光面沿其法线方向发出 1 cd 光强时，该发光面在其法线方向上呈现的亮度为 $1 \text{ cd}/\text{m}^2$ 。当发光面面积单位改用 cm^2 时，亮度单位为熙提 (sb)， 1 cm^2 发光面沿法线方向光强为 1 cd 时，发光面法线方向上的亮度为 1 sb ，即 $1 \text{ sb} = 1 \text{ cd}/\text{cm}^2$ 。亮度的其他单位还有阿波熙提 (asb)、英尺郎伯 (fL) 等多种，但应注意，根据新的标准，目前只保留坎德拉/平方米 (cd/m^2)，其他单位都已废除。

通常情况下：

- ① 40 W 荧光灯的表面亮度约为 $7000 \text{ cd}/\text{m}^2$ ；
- ② 无云的晴朗天空的平均亮度约为 $5000 \text{ cd}/\text{m}^2$ ；



③ 太阳的亮度在 $1.6 \times 10^9 \text{ cd/m}^2$ 以上。

7. 色温

若光源辐射的光谱分布（颜色）与“黑体”（指能全部吸收光能的理想物体）在温度 T 时所发出的光谱分布相同，则称温度 T 为光源的色温（度），单位为 K（开尔文）。

二、光的传播特性

光线在同一种媒质中传播时，总是沿直线方向行进的。当媒质发生改变时，光线或被反射，或被折射，或被透射，或被吸收。

1. 光的反射

当光从一种介质传播到另一种介质时，有一部分或全部自分界面射回原来的介质，这种现象叫做光的反射。光在镜面和扩散面上的反射有以下几种类型。

（1）规则反射

在光滑界面上所产生的光的反射称为规则反射，又称为镜面反射，如图 2-5 所示。光的入射光线、反射光线和过入射点的界面法线都位于同一个平面上，并且反射角等于入射角，反射光线和入射光线分别位于法线的两侧，这就是光的反射定律。在反射角以外，人眼是看不到反射光的。灯具的反射罩就是利用这一原理制成的，但一般由比较复杂的曲面构成。

（2）散反射

当光线从某方向入射到经散射处理的铝板、经涂刷处理的金属或毛面白漆涂层时，反射光向各个不同的方向散开，但其总的方向是一致的，如图 2-6 所示，其光束的轴线方向仍遵守反射定律，这种光的反射称为散反射。

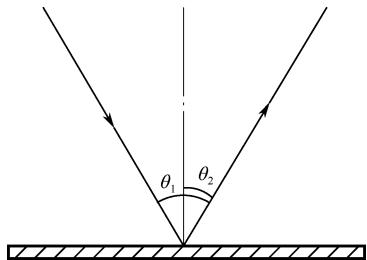


图 2-5 规则反射

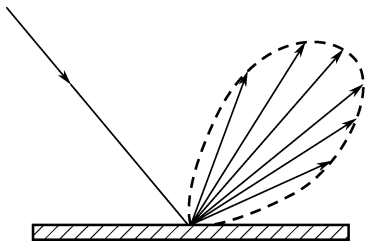


图 2-6 散反射

（3）漫反射

光线从某方向入射到粗糙表面或涂有无光泽镀层的表层时，光线被分散在许多方向，



在宏观上不存在规则反射, 这种光的反射称为漫反射。当反射遵守朗伯 (Lambert) 余弦定律时, 即任意方向的光强 I_θ 与该反射面的法线方向的光强 I_0 所构成的角度的余弦成比例 ($I_\theta = I_0 \cos \theta$), 而与光的入射方向无关时, 从反射面的各个方向看去, 光的亮度均相同, 这种光的反射称为各向同性漫反射, 如图 2-7 所示。

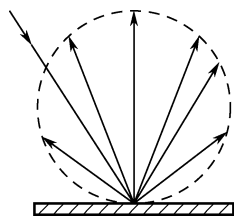
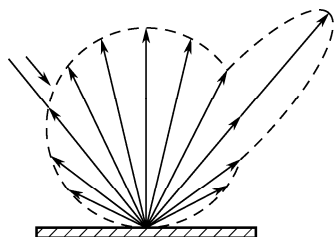


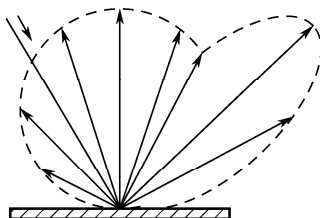
图 2-7 各向同性漫反射

(4) 混合反射

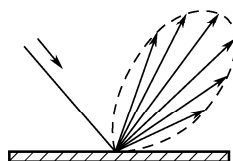
当光线从某方向入射到瓷釉或带高度光泽的漆层上时, 规则反射和漫反射都存在, 这种反射称为混合反射。如图 2-8 所示, 混合反射在定向反射方向上的发光强度比其他方向上的要大得多, 而且亮度最大; 在其他方向上也有一定数量的反射光, 而其亮度分布不均匀。



(a) 漫反射与镜面反射混合



(b) 漫反射与散反射混合



(c) 镜面反射与散反射混合

图 2-8 混合反射

2. 光的折射

光从一种介质射入另一种介质时, 若光的入射方向不是垂直于上述两种介质分界面, 则在分界面处将有一部分光被反射回原来的介质, 另一部分将射入另一种介质中, 但传播方向改变了, 这种现象称为光的折射。

由于光在各种介质中的传播速度不同, 所以, 当两种介质进行比较时, 光在其中传播速度较高的介质被称为光疏介质, 而传播速度较低的称为光密介质。

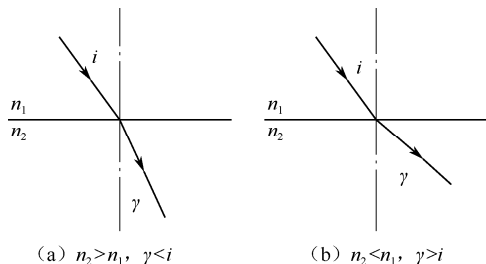


图 2-9 光的折射

假设光从一种介质 (介质的折射率为 n_1) 射入另外一种介质 (介质的折射率为 n_2), 则光通过这两种介质分界面时发生的折射情况如图 2-9 所示。入射光方向与介质分界面法线方向的夹角称为入射角 i , 折射光方向与法线的夹角称为折射角 γ 。由于光在这两种介质内的传播速度不同, 所以, 入射角 i 与折射角 γ 不等。当光从光疏介质射入光密介质时 ($n_2 > n_1$), 折射角 γ 将小于入射角 i ; 反之, 则折射角 γ 将大于入射角 i 。同时, 入射



角发生变化时, 折射角随之发生变化, 但两角之间的关系符合折射定律, 即

$$n_1 \sin i = n_2 \sin \gamma \quad (2-12)$$

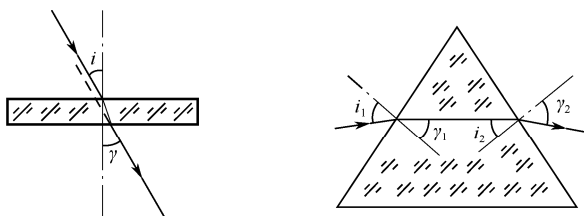
上述的折射定律适用于大多数的材料, 如玻璃、透明的塑料和液体等。

3. 光的透射

光从一种介质射入另一种介质, 并从这种介质穿透出来的现象叫光的透射。由于材料品种的不同, 透射光空间分布状态主要有以下几种情况。

(1) 规则透射

当光线照射到透明材料上时, 透射光是按照几何光学的定律进行透射的, 这就是规则透射, 如图 2-10 所示。



(a) 平行透光材料 (平板玻璃)

(b) 非平行透光材料 (三棱镜)

图 2-10 规则透射

(2) 散透射

当光线照射到散射性好的透光材料 (如磨砂玻璃) 上时, 在透射方向上的发光强度较大, 在其他方向上的发光强度较小; 表面亮度也不均匀, 透射方向较亮, 其他方向较弱。这种情况称为散透射, 也称为定向扩散透射, 如图 2-11 所示。

(3) 漫透射

当光线照射到散射性好的透光材料 (如浮白玻璃) 上时, 透射光向所有的方向散开并均匀分布在半球空间内, 这称为漫透射。当透射光服从朗伯定律, 即发光强度按余弦分布, 亮度在各个方向上均相同时, 则称为均匀漫透射或完全漫透射, 如图 2-12 所示。

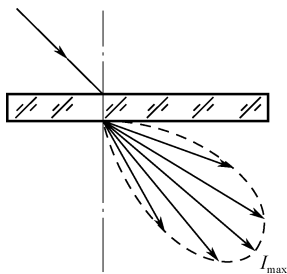


图 2-11 散透射

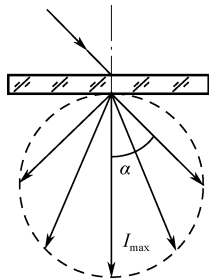


图 2-12 均匀漫透射

(4) 混合透射

光线照射到透射材料上，其透射特性介于规则透射与漫透射（或散透射）之间的情况称为混合透射。

4．光的吸收

光在介质中传播时其强度将越来越弱，在这个过程中有一部分光的能量转变为其他形式的能量（如热能），这就是介质对光的吸收。

一般用吸收比来表征介质对光的吸收作用。吸收比是被材料或介质吸收的光通量 Φ_n 与入射光通量 Φ_i 之比，以百分数或小数来表示，符号为 α ，即

$$\alpha = \frac{\Phi_n}{\Phi_i}$$

(2-13)

不同的介质对于不同波长的光的吸收作用是不同的，一般情况下，非透明表面越粗糙、材料颜色越深，吸收比越大。介质对光的吸收能力与光在介质中传播的光程（即介质吸收层的厚度）有关，光程越大，介质吸收的光也越多。介质对光的吸收还与光的入射方向和偏振状态有关。

三、物体的光照性能

当光照射到物体上时，受照物体对光有反射、吸收和透射的作用，称作物体的光照性能，如表 2-2 所示。

表 2-2 物体的光照性能

序 号	项 目	说 明
1	光的反射、吸收和透射	<div>当光通量Φ投射到物体上时，一部分光通量Φ_r从物体表面反射回去，一部分光通量Φ_a被物体吸收，而余下光通量Φ_t则透过物体（当物体材料为透明或半透明材料时），如图 2-13 所示。</div> <div></div> <div>图 2-13 物体的光照性能说明</div>



续表

序 号	项 目	说 明
2	表征物体材料光照性能的参数	① 反射比（反射系数） $\rho=\Phi_p/\Phi$ ② 吸收比（吸收系数） $\alpha=\Phi_a/\Phi$ ③ 透射比（透射系数） $\tau=\Phi_t/\Phi$ 上述三个参数之间的关系： $\rho+\alpha+\tau=1$

部分材料的反射比和吸收比如表 2-3 所示。

表 2-3 部分材料的反射比和吸收比

序 号	类 别	材 料 名 称	反射比 $\rho/\%$	吸收比 $\alpha/\%$
1	定向反 射材料	银	92	8
		铬	65	35
		铝（普通）	60~73	27~40
		铝（电解抛光）	75~84（光泽），62~70（无光）	16~25（光泽），30~38（无光）
		镍	55	45
		玻璃镜	82~88	12~18
2	漫反射 材料	硫酸钡	95	5
		氧化镁	97.5	2.5
		碳酸镁	94	6
		氧化亚铅	87	13
		石膏	87	13
		无光铝	62	38
		铝喷漆	35~40	60~65
3	建筑 材料	木材（白木）	40~60	40~60
		白灰粉刷墙壁	75	25
		红砖墙	30	70
		灰砖墙	24	76
		混凝土	25	75
		白瓷砖	65~80	20~35
		无色透明玻璃	≈ 0	≈ 0
4	涂料及其他	白色搪瓷	4~5（定向），60~70（漫反射）	25~35
		白色无光漆	84	16
		白色有光漆	4~5（定向），60~80（漫反射）	15~40
		淡黄色油漆	4~5（定向），65~70（漫反射）	25~35
		白色塑料	91	9



四、光源的显色性能

光源对被照物体颜色显现的性质,称为光源的显色性,用显色指数来表征。光源的显色指数是指在待测光源照射下物体的颜色与日光灯照射下该物体颜色相符合的程度,而将日光或与日光相当的参考光源的显色指数定为 100。光源的显色指数越高,则其显色性能越好,物体的颜色失真度越小。

第二节 常用电光源

一、光源的分类

自身能发光的物体称为光源。目前我们所采用的光源分为天然光源和人造光源两大类。天然采光主要是指对日光的利用,太阳是一种典型的天然光源。早期的人造光源是油灯和蜡烛,各种电光源则是人类现代文明的产物,电光源是将电能转换成光学辐射能的器件,照明电光源是照明灯具的核心部分。光源的种类不同,其主要性能也不相同。常用光源的分类如图 2-14 所示。

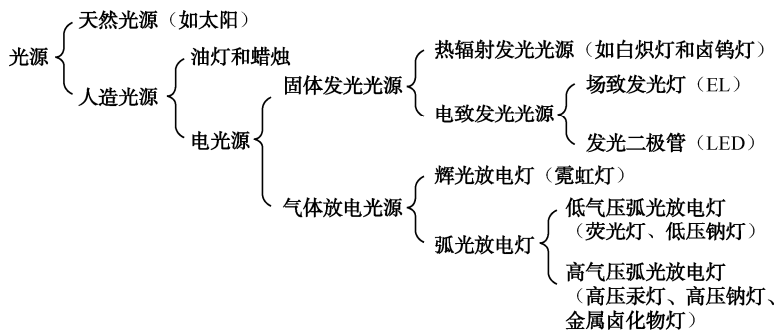


图 2-14 常用光源的分类

由图 2-14 可知,电光源按其工作原理可分为固体发光光源和气体放电光源两大类。

1. 固体发光光源

固体发光光源主要包括热辐射发光光源和电致发光光源两类。

(1) 热辐射发光光源

热辐射发光光源是利用通过电流时灯丝被加热而发光这一原理制成的光源。白炽灯和卤钨灯都是以钨丝作为辐射体,通电后钨丝被电流加热到白炽程度时产生热辐射,发出可



见光。

(2) 电致发光光源

电致发光光源是直接把电能转换为光能的电光源,包括场致发光灯(EL)和发光二极管(LED)。场致发光灯(屏)是利用场致发光现象制成的发光灯(屏),可用于指示照明、广告等。发光二极管是一种能够将电能转化为可见光的半导体,与白炽灯钨丝发光、节能灯荧光粉发光的原理不同,它采用电场发光的原理。LED具有结构简单、重量轻、体积小、耗能少、响应速度快、抗振性能好、使用方便等优点。发光二极管的光谱几乎全部集中于可见光频段,其发光效率可达80%~90%,是国家倡导的绿色光源,具有广阔的发展前景。在同样照度下,LED灯的电能消耗和寿命与白炽灯和荧光灯相比都有明显的优势,被公认为21世纪最具发展前景的一种电光源。

2. 气体放电光源

气体放电光源的发光原理完全不同于普通的白炽灯类热辐射光源。气体放电光源是利用电流通过气体(或蒸气)发光的光源,它们主要以原子辐射形式产生光辐射。如通过灯管中的水银蒸气放电,辐射出肉眼看不到的、以波长为254 nm为主的紫外线,然后照射到管内壁的荧光物质上,紫外线再被转换为某个波长段的可见光。

按放电形式的不同,气体放电光源可分为辉光放电灯和弧光放电灯。辉光放电灯的特点是工作时需要很高的电压,但放电电流较小,一般在 $10^{-6}\sim 10^{-1}$ A,霓虹灯属于辉光放电灯。弧光放电灯的特点是放电电流较大,一般都在 10^{-1} A以上。照明工程中广泛应用的是弧光放电灯。

弧光放电灯按管内气体(或蒸气)压力的不同,又可分为低气压弧光放电灯和高气压弧光放电灯。低气压弧光放电灯主要包括荧光灯和低压钠灯。高气压弧光放电灯主要包括高压汞灯、高压钠灯和金属卤化物灯等。相比之下,高气压弧光放电灯的表面积较小,但其功率却较大,致使管壁的负荷比低气压弧光放电灯要高得多,因此又称高气压弧光放电灯为高强度气体放电灯,简称HID灯。

气体放电光源工作时需要很高的电压,其特点是具有发光效率高、表面亮度低、亮度分布均匀、热辐射小、寿命长等诸多优点,目前已成为市场销售量最大的光源之一。

图2-15为气体放电灯工作线路,通过改变电源电压 E 来测量在放电电流 I 不同时灯管的电压,就可以得到气体放电灯的伏安特性,其特性曲线如图2-16所示。

图2-16中曲线OC段是非自持放电,即如果除去外致电离则电流立即停止,电流约在 10^{-6} A以下。当放电电流增加到有足够的电荷积累后,达到着火点D便可以自持放电,但稳定的自持放电是从E点开始的,自持放电包括辉光放电和弧光放电。大多数弧光放电灯都具有相似的伏安特性,即放电电流增大时,因电子和离子的密度增大,导电率增大,维持放电所必需的电压反而降低,致使伏安特性曲线的斜率变负(G点之后的特性),或者说



具有负的伏安特性。弧光放电的负伏安特性是一种不稳定的工作特性，若将其单独接到电源上，将会导致电流无限制地减小或增加，直到灯管熄灭或被电流击穿而损坏为止。所以，必须用具有正伏安特性的限流装置来抵消这种负伏安特性，才能保证其稳定工作。

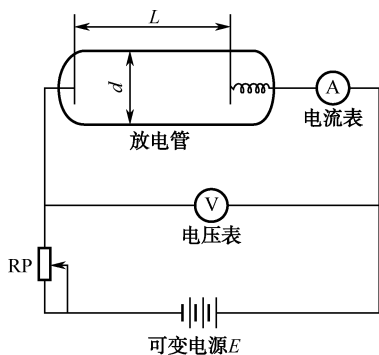


图 2-15 气体放电灯工作线路

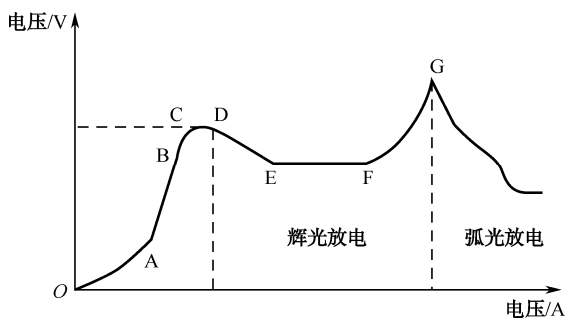


图 2-16 气体放电灯的伏安曲线

常用电光源的主要性能比较如表 2-4 所示。

表 2-4 常用电光源的主要性能比较

特性参数	白 炽 灯	卤 钨 灯	荧 光 灯	高压汞灯 (普通型)	高压钠灯 (普通型)	金属卤化物灯	管形氙灯
额定功率/W	10~1000	500~2000	6~125	50~1000	35~1000	125~3500	1500~100000
发光效率/(lm/W)	10~15	20~25	40~90	30~50	70~100	60~90	20~40
平均使用寿命/h	1000	1500	1500~5000	2500~6000	12000~24000	500~3000	1000
显色指数 Ra/%	97~99	95~99	70~90	30~50	20~25	65~90	95~97
色温/K	2400~2900	3000~3200	3000~6500	4400~5500	2000~3000	4500~7000	5700~6700
启动稳定时间/min	瞬时	瞬时	1~48	4~8	5~6	5~10	瞬时
再启动稳定时间/min	瞬时	瞬时	瞬时	5~10	10~15*	10~15	瞬时
功率因数	1.0	1.0	0.33~0.7	0.44~0.67	0.44	0.4~0.6	0.4~0.9
频闪效应	无	无	有	有	有	有	有
表面亮度	大	大	小	较大	较大	大	大
电压变化对光通的影响	大	大	较大	较大	大	较大	较大
环境温度对光通的影响	小	小	大	较小	较小	较小	小
耐振性能	较差	差	较好	好	较好	好	好
所需附件	无	无	镇流器 启辉器	镇流器	镇流器	镇流器 触发器	镇流器 触发器

*采用触发器时，再启动稳定时间不大于 1 min。



二、电光源的主要性能指标

电光源的性能指标通常是用参数表示光源的光电特性，这些参数由制造厂家提供给用户，作为选择和使用光源的依据。

1. 额定电压

光源的额定电压是指光源及其附件所组成的回路所需要的电源电压的额定值。光源只有在额定电压下工作时才具有最好的效果，才能获得各种规定的特性。因此在进行电气照明设计时，应保证供电电源的质量。

2. 灯泡（灯管）功率

灯泡（灯管）在工作时所消耗的功率，是灯泡（灯管）的设计功率值。通常灯泡（灯管）按一定的额定功率等级制造，额定功率是指灯泡（灯管）在额定电流下所消耗的功率。

3. 光通量输出

光通量输出是指灯泡在工作时所发出的光通量，是光源的重要性能指标，通常以额定光通量来表明光源的发光能力，光源在额定电压、额定功率条件下工作时的光通量输出即为额定光通量。

光源的光通量输出与许多因素有关，但在正常使用情况下，光通量输出主要与点燃时间有关，点燃时间愈长其光通量输出愈低。大部分光源在点燃初期（100 h 以内）光通量的衰减较多，随着点燃时间的增加（100 h 以后）光通量的衰减速度相对降低，因此，光源的额定光通量有两种定义方法：一种是指光源的初始光通量，即新光源刚开始点燃时的光通量输出，一般用于在整个使用过程中光通量衰减不大的光源，如卤钨灯；另一种是指光源点燃了 100 h 后的光通量输出，一般用于光通量衰减较大的光源，如白炽灯和荧光灯。

4. 发光效率

灯泡消耗单位电功率所发出的光通量，即灯泡的光通量输出与它取用的电功率之比称为光源的发光效率，简称光效，单位是 lm/W 。光效是表征光源经济效果的参数之一。

5. 寿命

寿命是光源的重要性能指标，通常用点燃的小时数表示。

光源从第一次点燃起，一直到损坏熄灭为止，累计点燃的小时数称为光源的全寿命。电光源的全寿命有相当大的离散性，因此常用平均寿命和有效寿命来定义光源的寿命。

① 平均寿命。取一组光源作为试样，从点燃起到 50% 的光源试样损坏为止的累计点燃



时间的平均值就是该组光源的平均寿命。在一般情况下,光通量衰减较小的光源常用平均寿命作为其寿命指标,产品样本上给出的就是平均寿命,例如卤钨灯。

② 有效寿命。有些光源(如荧光灯)的光通量在其全寿命中衰减相当显著,当光源的光通量衰减到一定程度时,虽然光源尚未损坏,但它的光效明显下降,继续使用极不经济。所以这类光源通常用有效寿命作为其寿命指标。光源从点燃起一直到光通量衰减为额定值的某一百分数(一般取70%~80%)为止的累计点燃小时数就称为光源的有效寿命。

6. 颜色特性

光源的颜色特性包含色表和显色性,是光源的重要性能指标。

光源的色表取决于光源的色温(或相关色温),国际照明委员会(CIE)将其分为三类,即暖色调光源、中间色调光源和冷色调光源;光源的显色性取决于光源的光谱功率分布,用显色指数表示,显色指数越大,表明光源的显色性越好。

7. 启燃与再启燃时间

(1) 启燃时间

光源从接通电源到光源的光通量输出达到额定值所需要的时间就是光源的启燃时间。热辐射光源的启燃时间一般不足1s,可以认为是瞬时启燃的;气体放电光源的启燃时间从几秒钟到几分钟不等,取决于放电光源的种类。

(2) 再启燃时间

正常工作着的光源熄灭后再将其点燃所需要的时间就是光源的再启燃时间。大部分高压气体放电灯的再启燃时间比启燃时间更长,这是因为再启燃时这类灯需要冷却到一定的温度后才能正常启燃,即增加了冷却所需要的时间。

启燃与再启燃时间影响着光源的应用范围。例如,频繁开关光源的场所一般不用启燃和再启燃时间长的光源,应急照明用的光源一般应选用瞬时启燃或启燃时间短的光源。

8. 闪烁与频闪效应

(1) 闪烁

用交流电点燃电光源时,在各半个周期内,光源发出的光随着电流的增减发生周期性的明暗变化的现象称为闪烁。闪烁的频率较高,通常与电流频率成倍数关系。一般情况下,肉眼不易察觉到由交流电引起的光源闪烁。

(2) 频闪效应

在以一定频率变化的光线照射下,观察到的物体运动呈现静止或不同于实际情况的运动状态的现象称为频闪效应。具有频闪效应的光源照射周期性运动的物体时会使人的视觉分辨能力降低,严重时 would 诱发各种事故,所以,对于具有明显闪烁和频闪的光源,其使用范围将受到限制。



三、常用电光源的特点及适用场所

各种常用电光源的特点及适用场所，如表 2-5 所示。

表 2-5 常用电光源的特点及适用场所

类型	热 辐 射 光 源		气 体 放 电 光 源			
种 类	白炽灯	卤钨灯	荧光灯 (日光灯)	高压汞灯		高压钠灯
				外附镇流器式	自镇式	
优 点	结构简单、价格低廉，使用和维修方便，光质较好（发出热光），功率因数高	光效较高（约比白炽灯高 1/3），光色好，构造简单，体积小，使用和维修方便	光效较高（比白炽灯高 4 倍），寿命长，光色近于日光	光效高，寿命长，耐振性好	光效高，寿命较长，无镇流器附件，使用方便，光色较好，初启动无延时	光效很高，省电，寿命长，紫外线辐射少，透雾性好
缺 点	光效低，寿命短，耐振性差	灯管必须水平装设，倾斜度应小于 4° ，灯管表面温度高（可达 $500\sim 700^{\circ}\text{C}$ ），不耐振	光质不如白炽灯（属冷光），功率因数低，所需附件多，故障比白炽灯多，装设成本较高	功率因数低，所需附件多，价格高，启动时间长，初启动 $4\sim 8\text{ min}$ ，再启动 $5\sim 10\text{ min}$	价格高，不耐振，再启动需延迟 $3\sim 6\text{ min}$	价格高，辨色性差，初启动时间约 $4\sim 8\text{ min}$ ，再启动需 $10\sim 20\text{ min}$
适 用 场 所	① 照明开关频繁要求瞬时启动或要避免频闪效应的场所 ② 对颜色识别要求或艺术要求较高的场所 ③ 需要调光的场所 ④ 局部照明，事故照明 ⑤ 需要防止电磁波干扰的场所	① 照度要求较高，要求显色性能较好，但无振动的场所 ② 要求频闪效应小 ③ 需要调光	① 悬挂高度较低（如 6 m 以下）而照度要求又较高者（如 100 lx 以上） ② 颜色识别要求较高的场所 ③ 在无自然采光和自然采光不足而人们需长期停留的场所	① 照度要求较高，但对光色无特殊要求的场所 ② 有振动的场所		① 高大厂房，照度要求较高，但对光色无特别要求的场所 ② 有振动的场所 ③ 多烟尘场所
举 例	住宅、旅馆、博物馆等	体育馆、大礼堂等	住宅、旅馆、办公室、医院等	大中型厂房、仓库、露天堆场及作业场地		铸钢车间、冶金车间、机械加工车间



四、白炽灯

白炽灯是最早出现的第一代电光源。白炽灯结构简单,适用于一般工矿企业、机关学校和家庭作普通照明。如果适当选择灯泡的功率,再配以合适电源也可用作信号指示灯。

1. 白炽灯的结构

白炽灯主要由灯头、灯丝、玻璃壳、玻璃支架和引线组成。灯头部分又分为插口式和螺口式两种,如图 2-17 所示。

白炽灯泡的玻璃壳一般是用透明玻璃制成的,也可将玻璃经磨砂处理制成乳白色灯泡,使光线漫射,减少目眩。也有各种不同颜色的玻璃壳,可使灯泡发出不同色彩的光线,如天蓝色灯泡使人有凉爽的感觉,夏季使用较合适;红色灯泡会发出红色光线,适用于照相馆、医院的 X 光室。各种颜色的灯泡还可组成彩灯。

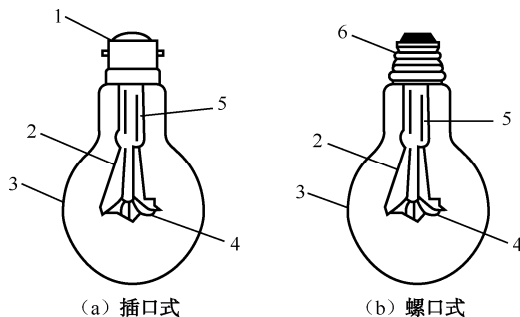


图 2-17 白炽灯的结构

1-插口灯头; 2-引线; 3-玻璃壳; 4-灯丝; 5-玻璃支架; 6-螺口灯头

灯丝大多采用熔点高和高温蒸发率低的钨制成。钨丝分为细直丝、绞合丝和螺旋形丝三种形式。

给白炽灯泡的灯丝两端加上额定电压后,灯丝由于通过电流被加热到白炽状态而发光。输入灯泡的电能大部分转换为不可见的辐射和热能,而只有百分之几到十几的电能量转换为可见光能。但由于白炽灯的结构简单、成本低、安装使用方便,它仍得到了广泛的应用。

2. 白炽灯的分类

白炽灯按用途可分为下列四种:

① 普通白炽灯泡,其规格如表 2-6 所示。



表 2-6 普通白炽灯泡的规格

灯 泡 型 号	额 定 数 值				灯 座 型 号	备 注
	电压/V	功率/W	光通量/lm	发光效率 / (lm•W ⁻¹)		
PZ6	220	15	101	6.7	2C-22 或 E27	① 光通量（又名光流）：单位时间内从某光源发射出来能产生视觉的那部分总能量。单位是流明 ② 发光效率：电灯所发出的光通量与电灯消耗电功率的比值，也就是单位功率的光通量。单位是流明/瓦
PZ7		25	198	7.9		
PZ8		40	340	8.5		
PQ8		60	540	9.0		
PQ9		100	1050	10.5		
PQ10		150	1845	12.3		
PQ11		200	2660	13.3		
PQ12		300	4350	14.5	E27 或 E40	
PQ13		500	7700	15.4	E40	
PQ14		1000	17000	17.0		

② 低压灯泡：用于安全行灯，常用规格为额定电压 12 V、24 V、32 V、36 V，功率有 10 W、15 W、20 W、25 W、30 W、40 W、50 W、60 W、100 W 九种。

③ 开关板指示灯泡：用于开关板上作指示灯用。

④ 经济灯泡：电压为 6~8 V，与经济灯座（内装一小型变压器）配用或配用一个电铃变压器，可用于晚间对灯光亮度要求较低的场所，以节约用电。

3. 新型白炽灯

(1) 反射型白炽灯

在有些场合，如商店的橱窗和展览厅等处，并不需要将各处都照得很亮，而只希望局部有很好的照明，由此各种反射型的白炽灯便迅速发展起来。根据泡壳的加工方法，反射型白炽灯可分为吹制泡壳反射型白炽灯和压制泡壳封闭光束灯两类。

① 吹制泡壳反射型白炽灯 泡壳是吹制而成的。根据对反射光束形状的要求，泡壳的反射部分被设计成抛物面和椭球面的形状，反射面由真空蒸镀的铝层形成。泡壳的透光部分可以是透明的，也可以经过磨砂处理或覆盖以具有漫射性质的白色涂层。其中，椭球面反射型白炽灯的优点有：一是发光不会受到灯具挡屏的影响，从而提高了光效，使下照光的强度比同功率的抛物面型高；二是在易产生眩光的角度范围内，灯的亮度很低，因而能产生舒适的照明。

② 压制泡壳封闭光束灯 这类灯的抛物形反光镜玻璃和前面的透镜面是压制成形的。在玻璃反光镜内表面一般以真空蒸镀铝作为反射材料，灯丝位于反射镜的焦点上。



采用“封接”技术，反光镜和透光表面可成为一体。由于灯内充有惰性气体，因此在灯的有效寿命期内，镀铝层始终能保持良好的反射性能。这类灯常称为“PAR 灯”，意为镀铝的抛物反射灯。

“PAR 灯”可分“聚光型”和“泛光型”两大类。“PAR 灯”的前头镜可以是彩色的，常用的颜色有红、黄、蓝、绿和琥珀色。为了减少出射光的热量，在透镜上涂上红外反射膜，做成冷光型的 PAR 灯，广泛用于各种需要冷光照明的场合。另外，PAR 灯的聚光性强，光的利用率高，比同功率的白炽灯（包括一般反射灯）产生的照度高，因此常用于室内外投光照明。

（2）带红外反射层的白炽灯

白炽灯由于其工作温度较低，绝大部分辐射集中在红外区，只有很少的能量被转换成可见光，因此光效较低。

人们经过长期的研究发现，只要泡壳和灯丝的结构、位置合理，在泡壳上涂红外反射膜，就能将钨丝所产生的大量红外辐射反射回来，重新加热灯丝，从而减少了维持灯丝在某一温度所需的电功率，节约了电能，提高了灯的光效。

4. 白炽灯的故障处理

白炽灯的故障及其处理方法如表 2-7 所示。

表 2-7 白炽灯的故障与处理方法

故障现象	可能原因	处理方法
灯泡不亮	① 灯丝烧断 ② 灯座或开关接线松动或接触不良 ③ 电源熔丝烧断 ④ 电路断开	① 调换灯泡 ② 修复灯座与开关中的弹簧接触点，或调换灯座或开关 ③ 修复熔丝 ④ 检查修复 ^①
灯泡不亮且熔丝接上就爆断	① 电路负载过大 ② 电路短路	① 调低电路负载 ② 检查修复 ^②
灯光忽亮忽暗或熄灭	① 灯座或开关松动 ② 熔丝接触不良 ③ 电源电压忽高忽低（或由于附近有大容量负载经常启动） ④ 灯泡灯丝断开处忽接忽离	① 旋紧加固 ② 旋紧加固 ③ 不需修理 ④ 调换灯泡
灯泡发出强烈白光瞬时烧坏	① 灯丝短路电流增大 ② 灯丝额定电压低于电源电压	① 调换灯泡 ② 调换与电源电压相符的灯泡



续表

故障现象	可能原因	处理方法
灯光暗淡	① 灯泡钨丝蒸发老化变细, 电流减小, 且玻璃泡内发黑 ② 灯泡外部积垢或积灰 ③ 电源电压过低或导线太细 ④ 线路因潮湿或因绝缘损坏而有漏电现象	① 调换灯泡 ② 擦去灰垢 ③ 如有条件改用粗导线或升高电压 ④ 查看线路, 遇到绝缘损坏处加强绝缘或调换新线

注: ① 电路断开包括相线或中性线断开两种。检查方法如下: 首先用测电笔检查总开关进线桩头, 如有电, 再用校验灯测试, 如灯亮, 则说明进线正常, 如灯不亮就表示进线断开, 应修复进线。再用测电笔分别测试各支路, 如有电, 然后再用校验灯, 一端接相线, 另一端接试各级中性线, 如校验灯正常亮, 说明中性线正常未断, 若不亮说明中性线已断, 应接通中性线。

② 检查电路短路点方法如下: 首先把中性线上熔丝插头取下, 用功率较大的校验灯串联到熔丝桩头两端, 如校验灯正常亮, 则说明这一支路短路了。然后用校验灯分别对这一支路各灯的开关进行试验, 若校验灯会发亮, 说明短路点就出现在这一段电路内或在这一盏电灯上, 最后加以修复。

五、卤钨灯

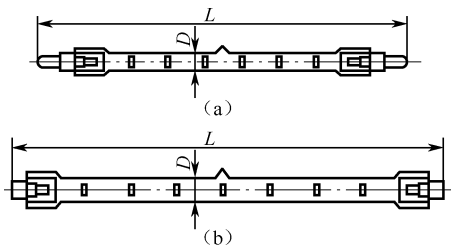


图 2-18 卤钨灯

卤钨灯的发光原理和白炽灯一样, 由灯丝作发光体, 所不同的是灯管内充有一定比例的微量卤素物质。它是利用充填气体中卤素物质的化学反应使灯丝发光的一种钨丝灯。制成圆柱状石英管的两端为灯脚, 管中心的螺旋状灯丝安装在灯丝架上构成卤钨灯, 外形如图 2-18 所示。

碘钨灯是卤钨灯的一种。由于碘的化学活性较弱, 不会腐蚀灯丝及其支架等部分, 所以长寿命、低光效的卤钨灯通常采用碘作为充填卤化物, 称为碘钨灯。碘钨灯的发光原理与白炽灯一样, 由灯丝作发光体, 所不同的是灯管内充有微量碘, 当电流通过灯丝使管内温度升高后, 碘与灯丝蒸发出来的钨合成为挥发性的碘化钨, 而碘化钨又在靠近灯丝的高温区分解为碘和钨, 钨留在灯丝上用于发光, 碘则回到低温区。依照上述的化合、分解过程的不断再循环, 从而提高了灯的发光效率, 延长了灯丝寿命。

碘钨灯具有体积小 (只有同功率白炽灯泡体积的百分之一)、使用时间长、光色好、光效高、与使用白炽灯泡同样方便等特点, 可代替白炽灯泡作照明用, 一般用于工厂、车间、会场、建筑物、体育场等处照明。

管形卤钨灯的主要技术数据如表 2-8 所示。



表 2-8 管形卤钨灯的主要技术数据

型 号	额定电压/V	额定功率/W	光通量/lm	寿命/h	主要尺寸/mm		安 装 方 式
					D	L	
LZG220-500	220	500	9750	1500	≤12	177	夹式
LZG220-1000	220	1000	21000	1500	≤12	210+2 232	顶式 夹式
LZG220-1500	220	1500	31500	1500	≤13.5	293+2 310	顶式 夹式
LZG220-2000	220	2000	42000	1500	≤13.5	293+2 310	顶式 夹式

在使用卤钨灯时，要注意以下几点：

- ① 为维持正常的卤钨循环，使用时要避免出现冷端，例如，管形卤钨灯工作时，必须水平安装，倾角不得超过 $\pm 4^\circ$ ，以免缩短灯的寿命。
- ② 管形卤钨灯正常工作时管壁温度约为 600°C ，不能与易燃物接近，而且灯引脚的引线应该采用耐高温导线，灯引脚与灯座之间的连接应良好。
- ③ 卤钨灯灯丝细长又脆，要避免振动和撞击，故不宜作为移动式局部照明。

六、荧光灯

普通荧光灯又称日光灯，是一种应用比较普遍的电光源。荧光灯发光效率约为白炽灯的 4 倍，光线柔和而且温度低，其使用寿命也比白炽灯长。但荧光灯价格高、配件多，安装及维修均比白炽灯复杂，且环境温度过低或过高对发光效率都有影响。但总的来说，荧光灯的经济价值仍约为白炽灯的两倍。

1. 荧光灯的结构

荧光灯由灯管、镇流器、启辉器三个主要部件组成。

① 灯管：灯管是一根直径为 $15\sim 38\text{ mm}$ 的玻璃管，在管内壁上涂上一层荧光粉（有毒的金属盐），灯管两端各有一个灯丝。灯丝由钨丝绕成，用于发射电子。管内在真空情况下充有一定量的氩气与少量水银。当管内产生辉光放电时，发出一种波长极短的不可见光，这种光被荧光粉吸收后转换成近似日光的可见光，因此叫日光灯。

② 镇流器：镇流器是一只绕在硅钢片铁芯上的电感线圈，它有两个作用：在启动时由于启辉器的配合产生瞬时高电压，促使灯管放电；在工作时限制灯管中的电流。

③ 启辉器：启辉器如图 2-19 所示，是一个充有氖气的玻璃泡，其中装有一个固定的静触片和用双金属片制成 U 形的动触片。启辉器的作用是使电路接通和自动断开。为避免



启辉器两触片断开时产生火花将触片烧坏,在氖气管旁有一只纸质电容器与触片并联。启辉器的外壳是铝质圆筒,起保护作用。

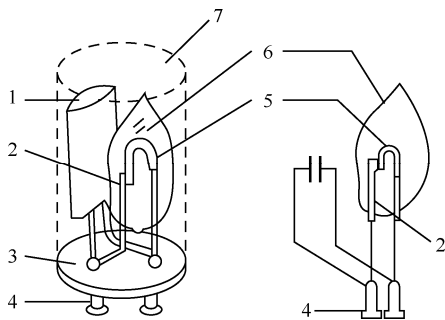


图 2-19 启辉器

1-电容; 2-静触片; 3-胶木底座; 4-插头; 5-双金属片; 6-玻璃泡; 7-铝壳

2. 荧光灯的种类

(1) 按功率(灯的负荷或管壁单位面积所耗散的功率)分类

① 标准型 在标准点灯条件(环境温度 $20\sim 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、湿度低于 65%)下,为获得应有的发光效率,将管壁温度设计在最佳温度值(约 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$),管壁负荷约 300 W/m^2 。

② 高功率型 为了提高单位长度的光通量输出,增加了灯的电流,管壁负荷设计约为 500 W/m^2 。

③ 超高功率型 为进一步提高光输出,管壁负荷设计约为 900 W/m^2 。

(2) 按灯管工作电源的频率分类

荧光灯是非纯电阻性元件,当工作在不同频率的电源电压时,管压降不同。

① 工频灯管 工作在电源频率为 50 Hz 或 60 Hz 状态下的灯管,一般与电感镇流器配套使用。目前市场中销售的主要是此种灯管。

② 高频灯管 工作在 $20\sim 100\text{ kHz}$ 高频状态下的灯管,高频电流是与其配套的电子镇流器产生的。

③ 直流灯管 工作在直流状态下的灯管,直流电压是由其配套的 AC/DC 整流器供给的。

(3) 按灯管形状和结构分类

① 直管型荧光灯 其灯管长度 $150\sim 2400\text{ mm}$,直径 $15\sim 38\text{ mm}$,功率 $4\sim 125\text{ W}$ 。普通照明中广泛使用的灯管长度为: 600 mm 、 1200 mm 、 1500 mm 、 1800 mm 及 2400 mm ,灯管直径有 38 mm (T12)、 25 mm (T8)、 15 mm (T5) (“T”后面的数为 $1/8\text{ inch}$ 的倍数)。

② 高光通量单端荧光灯 这种灯管在一端有四个插脚。主要有 18 W (255 mm)、 24 W (320 mm)、 36 W (415 mm)、 40 W (535 mm)、 55 W (535 mm) 的灯管。它与直管型荧光灯相比具有结构紧凑、光通量输出高、光通量维持好、在灯具中的布线简单了许多、灯



具尺寸与室内吊顶可以很好地配合等特点。

③ 紧凑型荧光灯 (Compact Fluorescent Lights, CFL) 这种灯使用 10~16 mm 的细管弯曲或拼接成一定形状 (有 U 形、H 形、螺旋形等), 以缩短放电管线形长度。

目前, 紧凑型荧光灯可以分为两大类: 一类灯和镇流器是一体化的, 另一类灯和镇流器是分离的。在达到同样光输出的前提下, 这种灯耗电仅为白炽灯的 1/4, 所以又称它为“节能型荧光灯”, 简称“节能灯”。另外, 这种灯的寿命也较长, 可达 8000~10 000 h。一体化的紧凑型荧光灯装有螺旋灯头或插式灯头, 可以直接替代白炽灯泡。

(4) 特种荧光灯

① 高频无极感应灯 (又称无极荧光灯) 这种荧光灯可利用气体放电管内建立的高频 (频率可达几兆赫) 电磁场, 使灯管内气体发生电离而产生紫外辐射, 以激发泡壳内荧光粉层来发光。因为它没有电极, 故寿命可以很长, 市场上已有的灯其寿命已达 60 000 h。

目前 GE (通用)、PHILIPS (飞利浦)、OSRAM (欧司朗) 等公司都推出了 55 W、85 W、100 W 的无极感应灯产品, 发光效率为 60~80 lm/W。大功率分为两种: 一种是球形 165 W、12000 lm、放电频率 2.65 MHz; 另一种是环状方形 150 W、12 000 lm、放电频率 250 kHz。后一种放电频率较低, 比较容易抑制电磁干扰。

② 平板 (平面) 荧光灯 两个互相平行的玻璃平板构成密闭容器, 里面充入某种惰性气体或惰性气体的混合气体 (如氙、氙-氙), 内壁涂上荧光粉, 容器外装上一对电极, 就构成了平面荧光灯。这种灯光线柔和、悦目, 可与室内的墙面、顶棚融为一体, 同时它无须充汞, 无污染。

3. 荧光灯的安装

荧光灯的接线如图 2-20 所示。在电路刚接上电源时, 灯管尚未放电, 启辉器的触片处在断开位置。此时, 电源电压全部加在启辉器的两个触片上, 使氖管中产生辉光放电而发热, 两触片接触, 将电路接通。于是有电流流过镇流器和灯管两端的灯丝, 使灯丝加热并发射电子, 这时启辉器内辉光放电已停止, 双金属片冷却缩回, 两触片分开, 使流过镇流器和灯丝的电流中断, 在此瞬间, 镇流器产生了相当高的自感电动势, 它和电源电压串联后加在灯管两端引起辉光放电。灯管正常工作以后, 一半以上的电压降落在镇流器上, 灯管两端的电压也就是启辉器两触片之间的电压较低, 不足以引起启辉器氖管的辉光放电, 因此它的两个触片仍保持断开状态。为了提高灯管的启动效果, 有时可以采用具有两只线圈的镇流器。

安装荧光灯应注意以下几个问题:

① 镇流器必须和电源电压、灯管功率相配合, 不可混用。由于镇流器比较重, 又是发热体, 需将镇流器反装在灯架中间。如果采用琴键式开关, 如图 2-20 (c) 所示, 则无须装置启辉器, 但需注意, 当按下启动键以后, 不宜停留时间过长, 以免灯丝加热时间过长而影响灯管的寿命。

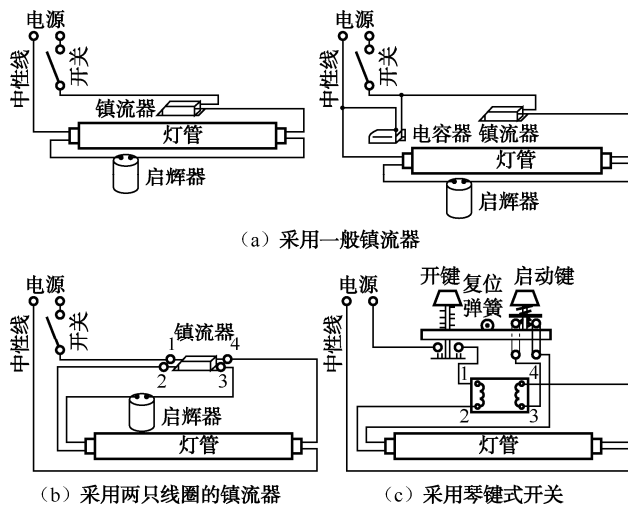


图 2-20 荧光灯的接线

- ② 启辉器规格需根据灯管的功率大小来决定，启辉器宜装在灯架上便于检修的位置。
 - ③ 应注意防止因灯脚松动造成灯管跌落，可以采用弹簧灯座，或者把灯管与灯架扎牢。
 - ④ 如果灯架与平顶紧贴，木架内的镇流器应有适当的通风。
 - ⑤ 工厂、工场由于工作需要，必须放低照明高度时，可采用弹簧灯座的荧光灯，灯管至少离地 1 m，吊灯线加套绝缘套管（应套至离地 2 m 高处），荧光灯架上上面加装盖板。
- 荧光灯管的型号规格如表 2-9 所示。

表 2-9 荧光灯管的型号规格

型 号	额定 功率/W	灯管尺寸/mm		灯管工作电 压/V	灯管工作电 流/A	预热电流/A	额定光通量/lm	额定寿命/h
		直径	总长度					
RR-6	6	15±1	226.6	50±6	0.14	0.2	210	3000
RL-6							230	
RR-8	8	15±1	301.6	60±6	0.16	0.22	325	
RL-8							360	
RR-10	10	25±1.5	344.6	45±5	0.25	0.35	410	
RL-10							450	
RR-15S	15	25±1.5	450.6	58 ⁺⁶ ₋₈	0.30	0.5	665	5000
RL-15S							730	
RR-15	15	38±2	450.6	50±6	0.33	0.5	580	
RL-15							635	

续表

型 号	额定 功率/W	灯管尺寸/mm		灯管工作电 压/V	灯管工作电 流/A	预热电流/A	额定光通量/lm	额定寿命/h
		直径	总长度					
RR-20	20	38±2	603.6	60±6	0.35	0.5	930	5000
RL-20							1000	
RR-30S	30	25±1.5	908.6	96 ⁺¹² ₋₁₀	0.36	0.56	1700	
RL-30S							1860	
RR-30	30	38±2	908.6	81 ⁺¹² ₋₁₀	0.405	0.62	1550	
RL-30							1700	
RR-40	40	38±2	1213.6	108 ⁺¹¹ ₋₁₀	0.41	0.65	2400	
RL-40							2640	
RR-100	100	38±2	1213.6	92±11	1.5	1.8	5500	3000
RL-100							6100	

注：RR-日光色荧光灯管；RL-冷白色；S-细管形。

由于荧光灯电路内有感抗元件（镇流器），因此功率因数较低，为了改善功率因数，可以加装电容器。电容器的规格如表 2-10 所示。

表 2-10 荧光灯电容器主要规格

电压/V	电容量/ μ F	配用荧光灯管功率/W
220	2.5	20
220	3.75	30
220	4.75	40

4．荧光灯的故障处理

荧光灯的故障及其处理方法如表 2-11 所示。

表 2-11 荧光灯照明故障与处理方法

故障现象	可能原因	处理方法
不能发光或 发光困难	① 电源电压太低或电路压降大 ② 启辉器陈旧或损坏，内部电容器击穿或断开 ③ 接线错误或灯脚接触不良 ④ 灯丝已断或灯管漏气 ⑤ 镇流器配用规格不合，或镇流器内部电路断开 ⑥ 气温较低	① 如有条件改用粗导线或升高电压 ② 检查后调换新的启辉器或调换内部电容器 ③ 改正电路或使灯脚接触点加固 ④ 用万用表检查如灯丝已断，且荧光粉变色，表明漏气，应调换灯管 ⑤ 调换适当镇流器 ⑥ 加热、加罩



续表

故障现象	可能原因	处理方法
灯光抖动及灯管两头发光	<ul style="list-style-type: none"> ① 接线错误或灯脚等松动 ② 启辉器接触点不合或内部电容器击穿 ③ 镇流器配用规格不合或接线松动 ④ 电源电压太低或线路压降较大 ⑤ 灯丝陈旧发射电子将尽, 放电作用降低 ⑥ 气温低 	<ul style="list-style-type: none"> ① 改正电路或加固 ② 调换启辉器 ③ 调换适当镇流器或加固接线 ④ 如有条件改用粗导线或升高电压 ⑤ 调换灯管 ⑥ 加热、加罩
灯光闪烁或光有滚动	<ul style="list-style-type: none"> ① 新灯管的暂时现象 ② 单根管常有现象 ③ 启辉器接触不良或损坏 ④ 镇流器配用规格不合或接线不牢 	<ul style="list-style-type: none"> ① 使用几次或灯管两端对调 ② 有条件 and 需要时, 改装双管灯 ③ 加固启辉器接触点或调换启辉器 ④ 调换适当的镇流器或加固接线
灯管两头发黑或生黑斑	<ul style="list-style-type: none"> ① 灯管陈旧 ② 若系新灯管可能因启辉器损坏, 使两端发射物加速蒸发 ③ 灯管内水银凝结是细灯管常有现象 ④ 电源电压太高 ⑤ 启辉器不好或接线不牢引起长时间闪烁 ⑥ 镇流器配用规格不合 	<ul style="list-style-type: none"> ① 调换灯管 ② 调换启辉器 ③ 启动后即能蒸发 ④ 如有条件调低电压 ⑤ 调换启辉器或将接线加固 ⑥ 调换合适镇流器
灯光亮度降低或色彩较差	<ul style="list-style-type: none"> ① 灯管陈旧 ② 气温低或冷风直接吹灯管 ③ 电路电压太低或电路压降较大 ④ 灯管上积垢太多 	<ul style="list-style-type: none"> ① 调换新灯管 ② 加罩或回避冷风 ③ 如有条件调整电压或调换粗导线 ④ 清除灯管积垢
杂声与电磁声	<ul style="list-style-type: none"> ① 镇流器质量较差, 或其铁芯钢片未夹紧 ② 电路电压过高引起镇流器发出声音 ③ 镇流器过载或其内部短路 ④ 启辉器不好引起开启时辉光杂声 	<ul style="list-style-type: none"> ① 调换镇流器 ② 如有条件设法降压 ③ 调换镇流器 ④ 调换启辉器
镇流器发热	<ul style="list-style-type: none"> ① 灯架内温度过高 ② 电路电压过高或过载 ③ 灯管闪烁时间长或使用时间长 	<ul style="list-style-type: none"> ① 改善装置方法, 保持通风 ② 如有条件调低电压或调换镇流器 ③ 消除闪烁原因或减少连续使用时间
灯管使用时间短	<ul style="list-style-type: none"> ① 镇流器配用规格不合或质量差或镇流器内部短路致使灯管电压过高 ② 开关次数太多, 或启辉器不好引起长时间闪烁 ③ 振动引起灯丝断掉 ④ 新灯管因接线错误而烧坏 	<ul style="list-style-type: none"> ① 调换镇流器 ② 减少开关次数或调换启辉器 ③ 改善装置位置, 减少受振动影响 ④ 改正接线



七、节能型荧光灯

1. 环形荧光灯

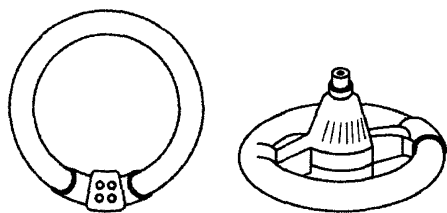
环形荧光灯又称圆形管荧光灯, 由于它造型美观、安装方便, 发光效率比直管荧光灯高, 故被广泛应用。环形荧光灯的外形如图 2-21 所示。

环形荧光灯灯管如图 2-21 (a) 所示, 使用时必须配备相应功率的镇流器和启辉器, 不同功率不得互相混用。

环形荧光灯的安装需配用专用灯座和专用灯架, 若无这些专用附件会给安装带来困难, 同时也影响其美观。目前市场上有一种成套环形荧光灯管, 在使用安装时直接将环形安装在灯座上即可, 如图 2-21 (b) 所示。

环形荧光灯的工作原理与直管荧光灯相同。

环形荧光灯管的主要技术数据如表 2-12 所示。



(a) 普通环形荧光灯管 (b) 成套环形荧光灯管

图 2-21 环形荧光灯灯管

表 2-12 环形荧光灯管的主要技术数据

型 号		额定功率 /W	启动电流 /mA	工作电流 /mA	灯管压降 /V	额定光通 量/lm	平均寿命 /h	主要尺寸/mm		
统一型号	企业型号							外圆	内圆	管直径
YH20	CRR20	20	500	350	60	970	2000	207	145	32
YH30	CRR30	30	560	350	95	1500	2000	308	244	32
YH40	CRR40	40	650	410	108	2200	2000	397	333	32

2. U 形荧光灯

U 形荧光灯的发光原理与普通荧光灯相同, U 形荧光灯的外形如图 2-22 所示。

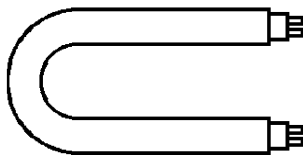


图 2-22 U 形荧光灯

U 形荧光灯的主要技术数据如表 2-13 所示。



表 2-13 U 形荧光灯的主要技术数据

型 号		额定功率	启动电流	工作电流	灯管压降	额定光通	平均寿命	主要尺寸/mm			
统一型号	企业型号	/W	/mA	/mA	/V	量/lm	/h	外圆	全长	管长	管直径
YU30	URR30	30	560	350	89	1550	2000	100	417.5	410	38
YU40	URR40	40	650	410	108	2200	2000	100	626.5	619	38

3. H 形荧光灯

H 形荧光灯是一种新颖的节能电光源。由于这种灯的外形如同英文字母 H，故称为 H 形荧光灯。

H 形荧光灯具有耗电低、光效高、体积小、显色性好等特点，已被人们普遍采用。H 形荧光灯不仅可以用于壁灯、吸顶灯、吊灯，而且还可用于台灯等。

H 形荧光灯的灯管由两支内径为 10 mm 的平行玻璃管组成，在灯管的前端有一个连通的“桥”，后端为灯头，灯头内装有启辉器、灯丝和引出线，如图 2-23 所示。

H 形荧光灯的安装极为方便，其灯管的安装角度不受限制，既可垂直安装也可水平安装，但不可使灯具剧烈振动，以免灯丝损伤。

H 形荧光灯必须配专用的 H 灯灯座，H 形荧光灯专用灯座如图 2-24 所示。

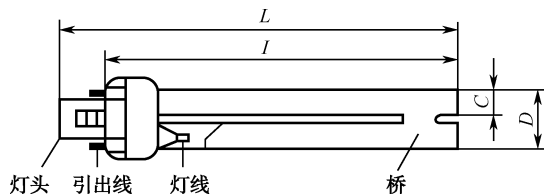


图 2-23 H 形荧光灯的结构

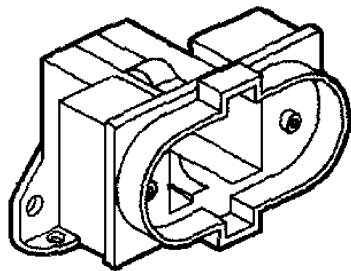


图 2-24 H 形荧光灯专用灯座

在装拆 H 形灯管时，应将灯头平行插入或拔出灯座，不要前后、左右摇晃灯管，以免灯头松动。

H 形荧光灯管的主要技术数据如表 2-14 所示。

表 2-14 H 形荧光灯管主要技术数据

型 号	额定电压 /V	额定功率 /W	光通量 /lm	工作电压 /V	电流/A		外形尺寸/mm				灯头 型号
					工作	预热	D	C	L	I	
YDN5H	220	5	220	33	0.18	0.19	28	13	106	83	G23
YDN7H	220	7	400	45	0.18	0.19	28	13	138	115	G23

续表

型 号	额定电压 /V	额定功率 /W	光通量 /lm	工作电压 /V	电流/A		外形尺寸/mm				灯头 型号
					工作	预热	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>L</i>	<i>I</i>	
YDN9H	220	9	600	60	0.17	0.19	28	13	168	145	G23
YDN11H	220	11	900	90	0.185	0.19	28	13	237	214	G23
YDN13H	220	13	780	60	0.3	0.52	28	13	188	166	G23

H 形荧光灯的镇流器必须根据灯管功率来配置,切勿用普通的直管形荧光灯镇流器来代替,否则会缩短 H 形灯管的使用寿命。H 形灯管在使用时应尽量减少开、关的次数,否则会影响灯管的使用寿命。

八、LED 灯

LED 是英文 Light Emitting Diode 的缩写,即光激发二极管,是一种半导体元器件。LED 是利用半导体 PN 结或类似结构把电能转换成光能的固体器件,可作为有效的辐射光源。LED 具有体积小、价格低、寿命长、可靠性高等优点,能在低电压下工作,还能与集成电路等外部电路配合使用,便于实现控制。随着新型半导体材料不断涌现,以及加工工艺和封装技术水平进一步提高,人们不仅可以得到高亮度的红、绿、黄发光二极管,还能制造出极为重要的高亮度蓝色发光二极管,以及白光二极管。目前,正积极将 LED 组合成点状、带状和平板型光源,以推广使用。

1. LED 的发光原理

LED 芯片通常用 III-V 族化合物半导体(如 GaAs、GaP 或 GaN 等)材料作衬底,其核心是 PN 结。高纯半导体材料的电阻率很高,如果在其中进行掺杂,就能改变其导电性。例如,在 IV 族元素硅(Si)中掺杂 V 族元素(As),就形成导带中具有电子的 N 区;在硅中掺入 III 族元素镓(Ga),就能形成导带中有空穴的 P 区;若在硅晶体中一半掺杂砷,另一半掺杂镓,则在它们之间的边界上会形成一个 PN 结。跨过此 PN 结,电子从 N 区扩散到 P 区,而空穴则从 P 区扩散到 N 区,如图 2-25 (a) 所示。作为这一相互扩散的结果,在 PN 结处形成了一个高度为 $e\Delta V$ 的势垒,阻止电子和空穴进一步扩散,达到平衡状态,如图 2-25 (b) 所示。

当 PN 结外加一个正向偏置电压时,即 P 区接电源正极, N 区接负极, PN 结势垒将降低, N 区的电子将注入 P 区, P 区的空穴注入 N 区,从而出现非平衡状态。这些注入的电子和空穴在 PN 结处相遇发生复合,将多余的能量以光的形式释放出来,从而观察到 PN 结发光,如图 2-25 (c) 所示。这种发光也称为注入式发光,光子的能量由带间隙决定。此外,一些电子被无辐射中心俘获,能量以热能的形式散发,这个过程被称为无辐射过程。

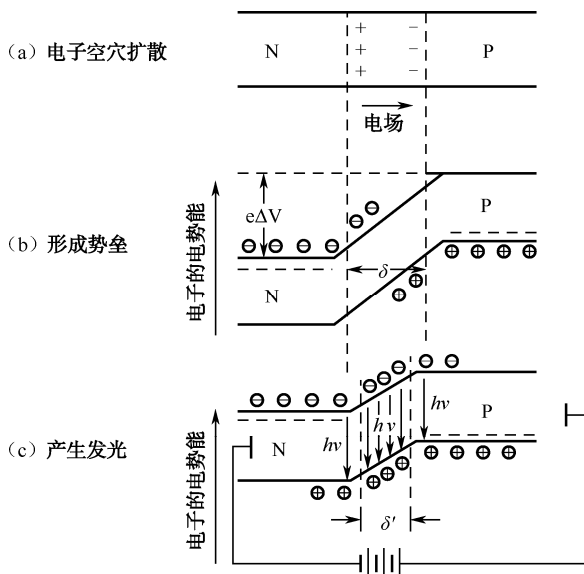


图 2-25 LED 的发光原理

为了提高 LED 的发光效率,应尽量减少产生无辐射复合中心的晶格缺陷,降低杂质浓度,减少无辐射复合过程。虽然不同材料制备的 LED 芯片结构不同,发出的光色和发光情况不同,但基本原理相近。

LED 因其使用的材料不同,其中电子和空穴所占的能级也有所不同。能级的高低差影响电子和空穴复合后光子的能量,从而产生不同波长的光,也就是不同颜色的光,如红、橙、黄、绿等可见光和不可见光。

2. LED 的基本结构

传统 LED 的基本结构如图 2-26 (a) 所示。LED 芯片被固定在导电、导热的带两根引线的金属支架上,有反射环(或反光碗)的引线为阴极,另外一根引线为阳极。芯片外围封以环氧树脂,一方面可以保护芯片,另一方面起(透镜)聚光作用。LED 的两根引线不等长时,较长的一根为阳极。如果 LED 的两根引线等长,通常在管壳上有一凸起的小舌,靠近小舌的引线则是阳极。

LED 芯片是 LED 器件的核心,其结构如图 2-26 (b) 所示。LED 芯片为分层结构,芯片两端是金属电极,底部为衬底材料,当中是由 P 型层和 N 型层构成的 PN 结;发光层被夹在 P 型层和 N 型层之间,是发光的核心区域。P 型层、N 型层和发光层是利用特殊的外延生长工艺在衬底材料上制得的。在芯片工作时,P 型层和 N 型层分别提供发光所需要的空穴和电子,它们被注入发光层发生复合而产生光。图 2-26 (b) 只是一个示意图,而实际上的芯片结构比其要复杂很多。LED 芯片制作技术是 21 世纪的高新技术之一。

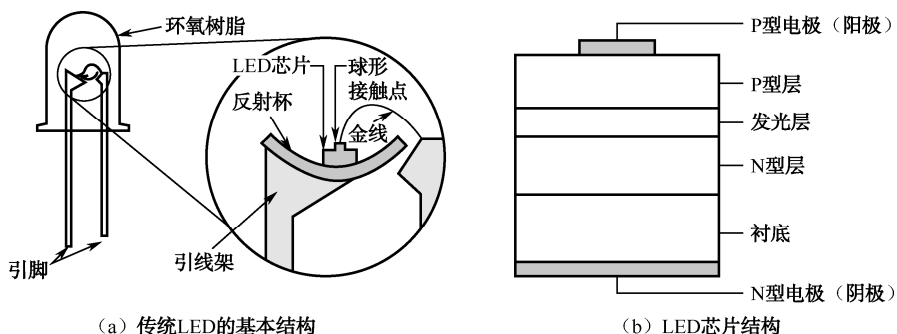


图 2-26 LED 及其芯片结构

LED 的图形符号如图 2-27 (a) 所示, 文字符号用字母 V 或多字母 VL (E) 表示。图 2-27 (b) 所示为低压直流供电(如电池)的简单工作电路。LED 在正向偏置时, 其发光亮度随正向电流 I_F 的增大而增强。为限制其工作电流, 电路中通常须要串联一个限流电阻(亦称镇流电阻) R 。普通小功率 LED 工作时的正向电压降 V_F 为 $1.5 \sim 3 \text{ V}$, 工作电流 I_F 为 $5 \sim 20 \text{ mA}$ 。而白光 LED 的正向电压降范围通常为 $3.0 \sim 4.2 \text{ V}$, 大功率白光 LED 的工作电流达 750 mA 乃至 1 A 。

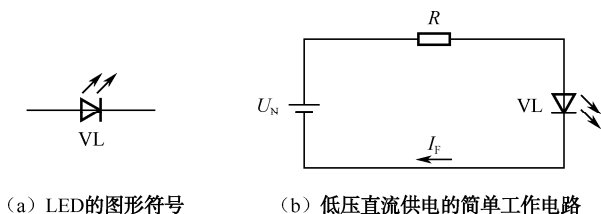


图 2-27 LED 的图形符号及简单工作电路

3. LED 的分类

LED 按不同的分类方法可分为许多不同的类型。

(1) 按发出的光是否可见分类

按发出的光是否可见, LED 可分为可见光 LED 和不可见光 LED 两种类型。可见光 LED 除了各种彩色 LED 外, 还包含白光 LED。不可见光 LED ($\lambda=850 \sim 1550 \text{ nm}$) 又分为 GaAs 和 AlGaAs 红外线 LED ($\lambda=850 \sim 950 \text{ nm}$)、AlGaAs 光通信 LED 和 LD ($\lambda=1300 \sim 1550 \text{ nm}$) 两类, 其中前者的主要应用领域是红外线无线通信 IrDA 模块和遥控器, 后者则主要用于光通信模块、条形码读取头、CD 读取头及半导体电射等方面。

(2) 按发光颜色分类

按发光颜色, LED 可分成红光、黄光、橙光、绿光、蓝光及黄绿光、橙红光等几种。由于白色是 RGB 外的第四色, 是一种复合色, 而并不是一种色彩, 所以严格地讲, 彩色



LED 中应不包含白光 LED。各种颜色的 LED 根据其出光处是否掺有散射剂和是否有色,还可分为有色散射、无色散射、有色透明和无色透明 4 种类型。此外,有的 LED 中含有 2 或 3 种颜色的芯片。

商用 LED 的特性如表 2-15 所示。

表 2-15 商用 LED 的特性

材 料	颜 色	色坐标 (x,y)	峰值波长/nm	半宽度/nm	光效/ ($\text{lm} \cdot \text{W}^{-1}$)
InGa _N /YAG	白 (6500 K)	0.31/0.32	460/555	—	10
InGa _N	蓝	0.13/0.08	465	30	5
InGa _N	蓝-绿	0.08/0.40	495	35	11
InGa _N	绿	0.10/0.55	505	35	14
InGa _N	绿	0.17/0.70	520	40	17
GaP-N	黄-绿	0.45/0.55	565	30	2.4
AlInGaP	黄-绿	0.46/0.54	570	12	6
AlInGaP	黄	0.57/0.43	590	15	20
AlInGaP	红	0.70/0.30	635	18	20
GaAlAs	红	0.72/0.28	655	25	6.6

半导体 PN 结的电致发光机理决定了单只 LED 既不可能产生两种或两种以上的高亮度单色光,也不可能产生具有连续谱线的白光。因而,LED 光源要产生白光只能先产生蓝光,再借助于荧光物质间接产生宽带光谱来合成白光。

目前,选择产生蓝光的半导体材料时多数采用氮镓镓(InGa_N)材料,因此,超精细、亚微米的晶体结构对于提高光效至关重要。高强度的蓝光在周围高效荧光物质内散射时,被强烈吸收,并转化为光能较低的宽带黄色荧光,其中少部分蓝光则能透过荧光物质层,并和宽带黄光一起形成色温可达 6500 K 的白光。此时,蓝色 LED 通过荧光粉就变成了单片白色微型荧光灯。如图 2-28 所示,白色 LED 的光谱能量几乎不含红外与紫外成分,显色指数 R_a 达 85。另外,其光输出随输入电压的变化基本上呈线性变化,故调光简单、可靠。若将多个单片白色 LED 组合在一起或采用光波导板,可制成超薄白色面光源,从而形成能用于普通照明的半导体光源。

白色 LED 自 1996 年诞生以来,其光效不断地提高,1999 年达到 15 lm/W,截至 2001 年,发光效率已达到 40~50 lm/W。白色 LED 与白炽灯的性能比较,如表 2-16 所示,显然,LED 的性能绝对优于白炽灯。随着功率较大的白色 LED 的出现,就可以利用白色 LED 作为照明光源了。

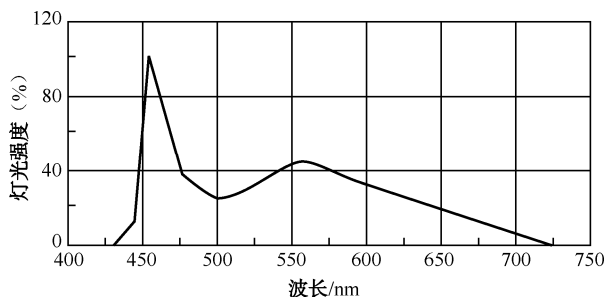


图 2-28 白色 LED 光谱能量分布

表 2-16 白色 LED 与白炽灯的性能比较

性 能	发光二极管	白 炽 灯
色温/K	3000~10 000	2500~3000
光效/($\text{lm} \cdot \text{W}^{-1}$)	>15	15
冲击电流	无	额定电流的 10 倍
寿命/h	>20 000	<1000
耐冲击性	很强	封接玻璃、灯丝易断裂
可靠性	非常高	低

(3) 按亮度分类

按发光亮度, LED 可以分成一般亮度 LED (发光强度小于 10 mcd)、高亮度 LED (发光强度通常为 10~100 mcd) 和超高亮度 LED (发光强度通常大于 100 mcd) 三类。事实上, 目前 LED 的发光强度可以轻而易举地达到 1 cd 乃至 10 cd。因此, 很有必要对高亮度 LED 和超高亮度 LED 的发光强度值重新界定, 以适应 LED 迅速发展的形势和要求。

(4) 按功率分类

按功率大小可将 LED 分为非功率型和功率型两大类。功率型 LED 又分功率 LED 和 W 级 LED 两种, 功率 LED 的功率不大于 1 W, W 级 LED 的功率达 1 W 以上。W 级 LED 也称为照明组 LED 或大功率 LED。照明组 LED 有单芯片和多芯片两种类型 (通常为白光 LED), 功率有 3 W、5 W、10 W、15 W 和 20 W 等几种。照明组白光 LED 是最具发展前景的一种固态冷光源。

(5) 按封装结构和材料分类

LED 按封装结构分为引脚式和表面贴装两类, 按封装材料分为全环氧包封、金属底座环氧封装、陶瓷底座环氧封装和玻璃封装等几类。

(6) 按发光强度角分布图分类

LED 按发光强度角分布图可分为高指向型、标准型和散射型三类。高指向型 LED 的半



值角为 $5^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 或更小, 一般为尖头环氧封装或带金属反射腔封装, 但不加散射剂, 可用于局部照明和自动检测系统。标准型和散射型 LED 的半值角分别为 $20^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 和 $45^{\circ} \sim 90^{\circ}$, 可用作一般指示灯和视角较大的指示灯。

(7) 按出光面特征分类

按出光面特征, LED 可分为圆灯、方灯、矩形灯、面发光管、侧向管及表面安装用微型管等。圆形 LED 灯按直径可分为 $\Phi 2$ 、 $\Phi 3$ 、 $\Phi 4.4$ 、 $\Phi 5$ 、 $\Phi 8$ 、 $\Phi 10$ 和 $\Phi 20$ 等。国外通常把 $\Phi 3$ 、 $\Phi 4.4$ 和 $\Phi 5$ 的 LED 分别记作 T-1、T-1 (1/4) 和 T-1 (3/4)。

4. LED 固态光源

从电光源的发展历程来看, LED 是继白炽灯、荧光灯和 HID 灯之后的第四代新型光源。LED 光源的出现和发展将引发照明领域中的一次革命, 具有划时代的意义。

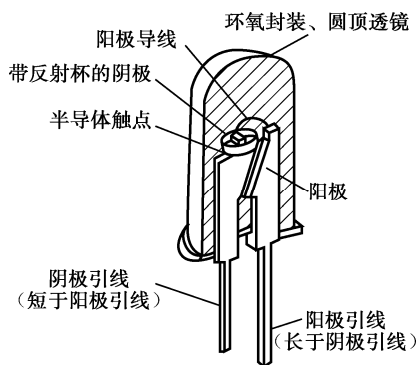


图 2-29 LED 的结构

LED 是一种固态半导体器件, 它能将电能直接转换为可见光。由于 LED 的大部分能量均辐射在可见光谱内, 因而 LED 具有很高的发光效率。图 2-29 为一只典型的 T-1 (3/4) 的 LED, 采用塑料封装, 其外壳占据了大部分空间。LED 是由发光片来产生光, 其材料的分子结构决定了发光的波长 (光的颜色)。

LED 的颜色和发光效率等光学特性与半导体材料及其加工工艺有着密切的关系。在 P 型和 N 型材料中掺入不同的杂质, 就可以得到不同发光颜色的 LED。另外, 不同外延材料也决定了 LED 的功耗、响应速度和工作寿命等光学特性和电气特性。

概括地讲, LED 具有以下几方面的特点和优点:

① 可靠性高、寿命长。LED 芯片的寿命是半永久性的, 而作为光源其寿命还取决于组装材料、封装材料品质的优劣。一般 LED 光源的寿命有数万小时, 是白炽灯的数十倍, 是荧光灯、HID 灯的数倍。最近开发的大功率 LED 存在发热的问题, 因此比一般 LED 的寿命短, 但也具有 2 万小时的可靠性, 与传统光源的寿命相比明显要长许多。

② 发光效率高。目前发光效率比白炽灯高, 但比荧光灯及 HID 灯低, 现在正在使用的是 $30 \sim 40 \text{ lm/W}$, 比白炽灯高 2~3 倍, 大约是荧光灯和 HID 灯的 $1/2 \sim 1/3$ 。因此, 从节电的意义上讲, LED 比白炽灯的效果好了许多。近年来随着 LED 技术的不断发展, 发光效率每年都有大幅度地提高, 很快就可以达到 100 lm/W , 因此有望追上荧光灯和 HID 灯。

③ 发热量低。LED 在可见光区域的能量转换效率约是 $10\% \sim 20\%$, 与白炽灯相比几乎相同或略大一些。而荧光灯、HID 灯都比 LED 大, 均在 20% 以上。在总功率中除可见光之外, 还有红外辐射 (发热), 它将直接转换成热。在发热方面, LED 比白炽灯的发热量小



许多。

④ 响应速度快。因为 LED 利用了电子-空穴湮灭直接发光的现象,因此,发光的响应时间非常短,通常在 100 ms 以下,而实际的响应速度会受到驱动电路等的制约。白炽灯从通电到稳定发光所需的时间非常长,为 0.15~0.25 s。需要在瞬间响应的汽车刹车灯非常适合使用 LED,因为它具有快速响应的特点。荧光灯和 HID 灯发光利用的是放电现象,故从放电开始到稳定发光需经过各种附加电路的作用,因此其响应时间比 LED 长。

⑤ 耐碰撞。除了光学特性之外,传统光源使用的都是玻璃管,因此具有不耐振动和易碎的缺点;LED 不使用玻璃,因此具有抗振动和抗碰撞的优点。今后在车辆、火车等移动物体上,在经常激烈振动的机械制造业中,以及在作业环境要求严格的工厂等场所中广泛使用。

⑥ 体积小、轻便。LED 是由半导体材料制作的固态光源,具有体积小、轻便的特点,因此在设计中可充分利用这一优点。在传统光源实现起来比较困难的狭小空间内,LED 可以进行任意形状的装配,这样给之前受传统光源大小及重量限制的机器、设备、车辆等的设计提供了更大的自由度。

⑦ 环保性能好。因为 LED 不使用荧光灯中的汞等有害物质,所以有利于环境保护。原先生产红光 LED 等需要使用 GaAs 衬底,曾被指出有环境污染的问题,最近正在研发 GaAs 材料等的替代品,因此有望在环保方面取得更大的进步。

尽管 LED 具有上述这些优点,但它也不是完美无缺的。主要存在以下几个问题:

① 发光量(全光通量)低。LED 是几百微米级的半导体,通过芯片的电流有几十毫安,电压约 3V,用电量非常低,约为 100 mW,因此尽管发光效率高,但发光量并不大,即比传统光源的功率低,发光量弱。最近已开发出能够通过大电流的大型芯片,或在基板上并排排列多个芯片,整体大电流通过,且具有数瓦级的 LED 光源。随着今后搭载多芯片的光源设计、散热设计以及取光技术的不断完善,有望开发出发光量与传统光源相匹敌的 LED 光源。

② 显色性等方面的改进。LED 比传统光源的显色性差,还存在许多需要改进的地方。为了进一步推广 LED 照明的应用,显色性、色温等方面的改进将成为今后研究的课题。

第三节 常用灯具

一、照明灯具的型号编制

照明灯具的型号编制如图 2-30 所示。

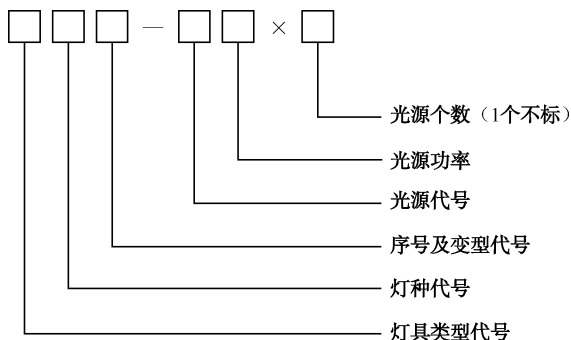


图 2-30 照明灯具的型号

*值得注意的是，实际上各生产厂的产品型号组成并不完全统一。

1. 灯具类型代号 (见表 2-17)

表 2-17 灯具类型代号

代 号	灯 具 类 型	代 号	灯 具 类 型	代 号	灯 具 类 型
G	工矿灯具	H	航空灯具	W	舞台灯具
M	民用建筑灯具	L	路上交通灯具	N	农用灯具
Z	公共场所灯具	B	防爆灯具	J	军用灯具
C	船用灯具	Y	医疗灯具		
S	水面水下灯具	X	摄影灯具		

2. 灯种代号

1) 工矿灯具的灯种代号 (见表 2-18)

表 2-18 工矿灯具的灯种代号

代 号	灯 具 类 型	代 号	灯 具 类 型	代 号	灯 具 类 型
B	标志灯	H	行灯	Y	应急灯
C	厂房照明灯	J	机床灯	W	未列入类
G	工作台灯	T	投光灯		

2) 民用建筑灯具的灯种代号 (见表 2-19)

表 2-19 民用建筑灯具的灯种代号

代 号	灯 具 类 型	代 号	灯 具 类 型	代 号	灯 具 类 型
B	壁灯	L	落地灯	T	台灯
C	床头灯	M	门灯	X	吸顶灯
D	吊灯	Q	嵌入式顶灯	W	未列入类

3) 公共场所灯具的灯种符号 (见表 2-20)

表 2-20 公共场所灯具的灯种符号

代 号	灯 具 类 型	代 号	灯 具 类 型	代 号	灯 具 类 型
B	标志灯	S	射灯	W	未列入式
D	道路照明灯	T	庭院灯		
G	广场灯	Y	荧光灯		

3. 光源代号 (见表 2-21)

表 2-21 光源代号

代 号	灯 具 类 型	代 号	灯 具 类 型	代 号	灯 具 类 型
—	白炽灯 (不标)	G	汞灯	X	氙灯
Y	荧光灯	N	钠灯	H	混光光源
L	卤钨灯	J	金属卤化物灯		

二、照明灯具的分类

由于照明工程对灯具有各种不同的要求, 所以有着各式各样的灯具。灯具的分类非常复杂, 从不同的角度分, 有着不同的分类法。

1. 按灯具结构特点分类 (见表 2-22)

表 2-22 灯具的分类 (按结构特点分)

类 型	说 明
开启型	其光源与外界空间相通, 如一般的配照型灯、广照型灯、深照型灯等
闭合型	其光源被透明灯罩包含, 但内外空气仍能流通, 如球形灯、双罩型灯、吸顶灯等
密闭型	其光源被透明灯罩密封, 内外空气不能对流, 如防潮灯、防水防尘灯等
防爆型	其光源被高强度透明灯罩密封, 且灯具能承受足够的压力, 能安全地使用在有爆炸危险介质的场所
隔爆型	其光源被高强度透明灯罩封闭, 但不是靠其密封性来防爆, 而是在灯座的法兰与灯罩的法兰之间有一个隔爆间隙。当气体在灯罩内部爆炸时, 高温气体经过隔爆间隙被充分冷却, 从而不致引起外部爆炸性混合气体爆炸, 因此隔爆型灯具也能安全地使用在有爆炸危险介质的场所



2. 按灯具的配光曲线形状分类（见表 2-23）

表 2-23 灯具的分类（按配光曲线形状分）

类 型	说 明	
正弦分布型	光强是角度的正弦函数，并且在 $\theta=90^\circ$ （水平方向）时光强最大，如右图中曲线 1 所示	
广照型	最大光强分布在较大角度上，可在较广的面积上形成较均匀的照度，如右图中曲线 2 所示	
漫射型	各个角度的光强基本一致，如右图中曲线 3 所示	
配照型	光强是角度的余弦函数，并且在 $\theta=0^\circ$ （垂直向下）时光强最大，如右图中曲线 4 所示	
深照型	光强和光通量集中在 $0^\circ\sim 30^\circ$ 的狭小立体角内，如右图中曲线 5 所示	

3. 按灯具向下和向上投射光通量比值分类（CIE 分类法）

由于不同场合对光通量分布的要求不同，按灯具光通量在上半球和下半球的分布比例关系，分为直接照明型、半直接照明型、均匀漫射型、半间接照明型、间接照明型等，为适应照明工程中规范化的需要，如表 2-24 所示。

表 2-24 灯具的分类（按投射光通量比值分）

类 别	$F_{\text{下}}/F/\%$	$F_{\text{上}}/F/\%$	说 明
直接照明型	90~100	0~10	光线集中，工作面上能够获得充分照度，有眩光
半直接照明型	60~90	10~40	光线集中在工作面上，空间也有适当照度，比直接型眩光小
均匀漫射型	40~60	40~60	空间各个方向光强基本一致，可达到无眩光，但光损较多
半间接照明型	10~40	60~90	增加了光的作用，使光线比较均匀柔和
间接照明型	0~10	90~100	扩散性好，光线柔和均匀，避免了眩光，但光的利用率低

注： F ——照明灯具出射的总光通量；

$F_{\text{下}}$ ——照明灯具向下半空间的光通量；

$F_{\text{上}}$ ——照明灯具向上半空间的光通量。



4. 按使用的光源分类（见表 2-25）

表 2-25 灯具的分类（按使用的光源分）

类 型	说 明
白炽灯具	采用白炽灯或卤钨灯作为光源的灯具
荧光灯具	采用荧光灯作为光源的灯具。直管荧光灯具的形式很多，主要有带式、筒式、格栅、组合式等，各种灯具可以不同程度地改善其光学特性和装饰性，是应用最多的灯具。环形和紧凑型，由于其结构和体积都近似于白炽灯，多数可以直接采用白炽灯具。荧光灯具具有很强的装饰性，其应用也十分广泛
高强度气体放电灯具	采用 HID 灯作为光源的灯具，多用于工厂照明和城市闹市区的装饰照明。另外 HID 灯还可以制造成各种投光灯，用于城市的泛光装饰照明
混光灯具	为了改善显色性，保证灯具具有较高的光效率，可以将两种不同的高强度气体放电光源混光使用，例如，把高压汞灯（ $R_a=30\sim40$ ）和高压钠灯（ $R_a=20\sim30$ ）安装在一起。按适当的比例产生的混合光，其显色指数可提高到 $40\sim50$ ，因此近年来不少灯具厂生产了专门的混光灯具，有的采用两只反射罩，分别反射两种光源；有的采用一只椭圆形反射罩，把两种光源合装在一起

5. 按安装方式分类（见表 2-26）

表 2-26 灯具的分类（按安装方式分）

类 型	说 明
吸顶灯	直接安装在顶棚上的灯具。常用于大厅、门厅、走廊、厕所、楼梯及办公室、会议室等场所
嵌入顶棚式（镶嵌灯）	灯具可嵌入顶棚内，近年来被广泛用于走廊、会议室、商店、计算机房、办公室、酒吧、舞厅、剧院、酒店客房、餐厅等装饰吊顶的场所
壁灯	安装在墙壁上的灯具。主要作为室内装饰，兼作辅助性照明。广泛用于酒店、餐厅、歌舞厅、卡拉 OK 包房和居民住宅等场所
悬挂式灯具（吊灯）	用软线、链条或钢管等将灯具从顶棚吊下。一般吊灯用于装饰性要求不高的各种场所，而比较高档的装饰多采用花吊灯，这种灯具以装饰为主，花样品种十分繁多，广泛用于酒店、餐厅、会议厅和居民住宅等场所
嵌墙型灯具	将灯具嵌入墙体上。多用于应急疏散指示照明或在酒店等场合作为脚灯
移动式灯具	如台灯、落地灯、床头灯、轨道灯等。它可以自由移动以获得局部高照度，同时作为装饰，可以改变室内气氛。广泛用于工厂车间、办公室、展览馆、商店橱窗、酒店和居民住宅等场所

6. 按灯具功能分类

① 按灯具防触电保护形式分类（见表 2-27）

表 2-27 灯具的分类（按防触电保护形式分）

类 型	说 明
0 类	依靠基本绝缘防止触电，即无容易触及的导电部件。 如基本绝缘失效，只能依靠环境绝缘；电源电压超过 250 V，则不属于 0 类灯具



续表

类 型	说 明
I 类	防触电保护依靠基本绝缘, 且采用保护接地的安全措施。 附有工作接地而无保护接地的灯具不属于 I 类灯具; 内部备有保护接地措施的安全特低电压变压器的灯具属于 I 类灯具
II 类	防触电保护不仅依靠基本绝缘, 且采用双重绝缘或加强绝缘的安全措施 (无保护接地)。 根据灯具外壳材料的不同, II 类灯具又分为绝缘封闭式 II 类灯具和金属封闭式 II 类灯具
III 类	依靠将电源电压设定为安全特低电压来进行防触电保护。 III 类灯具的工作电压应不高于特低电压

② 根据对水和异物的侵入的防护程度进行分类

灯具防潮的防护等级分类由“IP”和两个特征数字组成。

IP 后的第一位特征数字是指防止人体触及或接近外壳内部的带电部分, 防止异物进入外壳内部的防护等级, 如表 2-28 所示。

表 2-28 灯具的分类 (按对固体异物的防护等级分)

第一位特征数字	防 护 等 级	
	简 短 说 明	含 义
0	无防护	没有特殊防护
1	防大于 500 mm 的固体异物	人体某一部分, 如手 (但对有意识的接近并无防护), 固体异物直径超过 50 mm
2	防大于 12 mm 的固体异物	手指或类似物, 长度不超过 80 mm, 固体异物直径超过 12 mm
3	防大于 2.5 mm 的固体异物	直径或厚度大于 2.5 mm 的工具、电线等, 固体异物直径超过 2.5 mm
4	防大于 1 mm 的固体异物	厚度大于 1 mm 的线材或片条, 固体异物直径超过 1 mm
5	防尘	不能完全防止尘埃进入, 但进入量不能达到妨碍设备正常运转的程度

IP 后的第二位特征数字是指防止水进入灯具外壳内部的防护等级, 如表 2-29 所示。

表 2-29 灯具的分类 (按对水的防护等级分)

第二位特征数字	防 护 等 级	
	简 短 说 明	含 义
0	无防护	没有特殊防护
1	防滴	滴水 (垂直滴水) 无有害影响
2	倾斜 15° 防滴水	当外壳从正常位置倾斜在 15° 以内时, 垂直滴水无有害影响
3	防淋水	与垂直方向成 60° 范围以内的淋水无有害影响
4	防溅水	任何方向溅水无有害影响

续表

第二位特征数字	防 护 等 级	
	简 短 说 明	含 义
5	防喷水	任何方向喷水无有害影响
6	防猛烈海浪	猛烈海浪或强烈喷水时，进入外壳水量不致达到有害程度
7	防浸水	浸入规定压力的水中经规定时间后进入外壳水量不致达到有害程度
8	防潜水	能按制造厂规定的条件长期潜水

③ 按光强方向分布分类
道路照明用灯具按光强方向分布分类，如表 2-30 所示。

表 2-30 灯具的分类（按光强方向分布分）

灯具类型	最大光强 方向	在 90° 和 80° 角方向上 所发出的光强最大允许值		说 明
		90°	80°	
截光型	0~65°	100 cd/1000 lm	30 cd/1000 lm	该类灯具对沿道路轴向的光作了严格的限制，即使在周围环境较暗的情况下，也感觉不到眩光。适用于厂门口大道
半截光型	0~75°	50 cd/1000 lm	100 cd/1000 lm	该类灯具一方面对沿道路轴向的光进行适当限制，但另一方面把光尽量向外延伸。适用于厂区大道
非截光型	—	1000 cd	—	对沿道路轴向的光不作限制，无保护角，眩光大。适用于厂区小道

国际照明委员会（CIE）根据照明器的三个基本性能，即照明器的射程、扩散和控制定出了新的分类法。

三、工厂灯具型号的组成和含义

工厂灯具型号的组成和含义如图 2-31 所示。

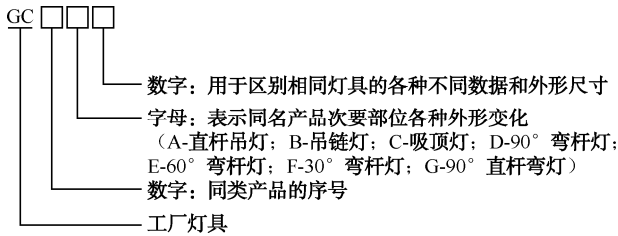


图 2-31 工厂灯具的型号

近年出现的放电灯类工厂灯具 HGC 系列，H 表示其光源为单灯混光灯；HGF 系列表



示其光源为单灯混光灯的防水防尘防腐型灯具。

四、部分灯具的主要技术数据

部分灯具的主要技术数据如表 2-31 所示。

表 2-31 部分灯具的主要技术数据

灯具类型名称	光源类型功率 /W	灯具遮光角/ °	灯具效率 /%	光通量比/%		最大允许 距高比	灯头 形式
				上射	下射		
GC1-A (B) -1 型配照灯	PZ220-150	8.7	85	0	85	1.25	E27
GC1-A (B) -1 型配照灯	GGY-125	0	72	0	72	1.41	E27
GC1-A (B) -2 型配照灯	PZ220-150 (200)	11.7	68	0	68	0.88	E27
GC1-A (B) -2 型配照灯	GGY-125	0	66	0	66	1.35	E27
GC3-A (B) -2 型广照灯	PZ220-150 (200)	0	91	5	86	1.02	E27
GC3-A (B) -2 型广照灯	GGY-125	0	76	6	70	0.98	E27
GC5-A (B) -2 型深照灯	PZ220-150 (200)	32.7	63	0	63	1.37	E27
GC5-A (B) -2 型深照灯	GGY-125	16.7	54	0	54	1.5	E27
GC5-A (B) -3 型深照灯	PZ220-300	12.2	77	0	77	1.4	E40
GC5-A (B) -3 型深照灯	GGY-250	1.3	69	0	69	1.45	E40
GC5-A (B) -4 型深照灯	PZ220-300 (500)	18.6 15.6	67	0	67	1.4	E40
GC5-A (B) -4 型深照灯	GGY-400	0	65	0	65	1.23	E40
GC9-A (B) -1 型防水防尘灯	PZ220-60 (100)	5.9 6.5	78	0	78	0.87	E27
GC33 型防潮灯	PZ220-100	0	82	31	51	1.67	E27
B3C-200-1 型防爆灯	PZ220-200	0	61.6	16.8	44.8	1.68	E27
GB3C-125 型防爆灯	GGY-125	0	49	1	48	1.71	E27
DH-30 型乳白玻璃吊灯	PZ220-100	0	88	35	53	1.4	E27
DH-22 型明月罩吊灯	PZ220-100	0	86	41	45	1.3	E27
JDD11 型扁圆罩吊灯	PZ220-100	0	82	39	43	1.28	E27
JDD12 型菱形罩吊灯	PZ220-100	0	85	44	41	1.38	E27
JXD3-2 型半扁罩吸顶灯	PZ220-100	0	49	13	36	1.38	E27
JXD5-2 型半圆形吸顶灯	PZ220-100	0	57	22	35	1.32	E27
TP-1 型扁圆天棚灯	PZ220-60、100	0	63	14	49	1.3	E27
TP-2 型半圆天棚灯	PZ220-60、100	0	40	7	33	1.54	E27

续表

灯具类型名称	光源类型功率 /W	灯具遮光角/ °	灯具效率 /%	光通量比/%		最大允许 距高比	灯头 形式
				上射	下射		
YJK-1/40-2 型简易控制荧光灯	YZ-40	0	84.2	0	84.2	1.49 (⊥) 1.38 (//)	—
YJK-2/40-2 型简易控制荧光灯	ZXYZ-40	10.7	69.2	0	69.2	1.42 (⊥) 1.26 (//)	—
YG1-1 型筒式荧光灯	YZ-40	0	80	21	59	1.62 (⊥) 1.22 (//)	—
YG2-1 型筒式荧光灯	YZ-40	4.6	88	0	88	1.60 (⊥) 1.28 (//)	—
YG4-1 型密封型荧光灯	YZ-40	5	84	0	84	1.52 (⊥) 1.27 (//)	—
YG4-2 型密封型荧光灯	2×YZ-40	0	80	0	80	1.41 (⊥) 1.26 (//)	—
YG6-2 型吸顶式荧光灯	2×YZ-40	0	86	22	64	1.22 (⊥) 1.48 (//)	—
YG6-3 型吸顶式荧光灯	3×YZ-40	0	86	21	65	1.25 (⊥) 1.50 (//)	—
YG15-2 型嵌入式铝格栅荧光灯	2×YZ-40	31	63	0	63	1.25 (⊥) 1.20 (//)	—
YG15-3 型嵌入式塑料格栅荧光灯	3×YZ-40	32.6	45	0	45	1.07 (⊥) 1.05 (//)	—
CXGC202-GN360 型混光灯具	GGY250 +NG110	12	75	2	73	2.4 (⊥) 2.3 (//)	E40 +E27
CXGC202-GN650 型混光灯具	GGY400 +NG250	10	72	1	71	1.64 (⊥) 1.52 (//)	E40 +E40
CXTG203-GN360 型混光灯具	GGY250 +NG110	26	71	0	71	1.30 (⊥) 1.30 (//)	E40 +E27
CXTG203-GN650 型混光灯具	GGY400 +NG250	21	70	0	70	0.76 (⊥) 0.76 (//)	E40 +E40
CXGC204-GN360 型混光灯具	GGY250 +NG110	32	76	0	76	0.98 (⊥) 1.23 (//)	E40 +E27
CXGC204-GN650 型混光灯具	GGY400 +NG250	30	76.9	0	76.9	1.37 (⊥) 1.55 (//)	E40 +E40
JDD01-DN650 型混光灯具	DDG400 +NGG250	35	53	0	53	1.22 (⊥) 1.22 (//)	E40 +E40



续表

灯具类型名称	光源类型功率 /W	灯具遮光角/ °	灯具效率 /%	光通量比/%		最大允许 距高比	灯头 形式
				上射	下射		
JDD02-DL900 型混光灯具	DDG400 +LSG500	38	52	0	52	1.20 (⊥) 1.20 (//)	Φ6 +Φ6
JDD05-KN360 型混光灯具	KNG250 +NG110	45	47	0	47	1.15 (⊥) 1.21 (//)	E40 +E27
JDD06-DN360 型混光灯具	DDG250 +NG110	45	41	0	41	1.13 (⊥) 1.23 (//)	E40 +E27
HNK-500 型混光灯具	KNG250 +NG250	32	53	0	53	1.30 (⊥) 1.50 (//)	E40 +E40
HGD-650-6 型混光灯具	DDG400 +NGG250	40	60	0	60	1.26 (⊥) 1.62 (//)	Φ6 +E40
HGD-650-8 型混光灯具	DDG400 +NGG250	45	52	0	52	1.17 (⊥) 1.53 (//)	Φ6 +E40
HGD-400-1 型混光灯具	KNG250 +NG150	42	55	0	55	1.26 (⊥) 1.42 (//)	E40 +E40

五、照明灯具的选择

(1) 优先选用效率较高的灯具

应优先选用配光合理、效率较高的灯具。室内开启式灯具的效率不宜低于 70%，带有包合式灯罩的灯具的效率不宜低于 55%，带格栅灯具的效率不宜低于 50%。

(2) 按环境条件正确选用灯具

根据工作场所的环境条件，应分别采用下列各种灯具：

- ① 在特别潮湿的场所，应采用防潮灯具或带防水灯头的开启式灯具。
- ② 在有腐蚀性气体和蒸气的场所，宜采用耐腐蚀性材料制成的密闭式灯具。若采用开启式灯具，各部分应有防腐蚀防水措施。
- ③ 在高温场所，宜采用带有散热孔的开启式灯具。
- ④ 在有尘埃的场所，应按防尘的保护等级分类来选择合适的灯具。
- ⑤ 在装有锻锤、重级工作制桥式吊车等振动、摆动较大场所的灯具，应有防振措施和保护网，防止灯泡自动松脱和掉落。
- ⑥ 在易受机械损伤场所的灯具，应加保护网。
- ⑦ 在有爆炸和火灾危险的场所中使用的灯具，应符合现行国家标准和规范的有关规定。

第 4 节 常用照明附件

常用照明附件有灯座、开关、挂线盒、插座等。





一、灯座

灯座有瓷质的、胶木压制和金属材料的三种。使用时，应根据使用场合的不同，选择不同材料的灯座。如瓷灯座可用于潮湿处，胶木灯座与金属灯座则可用于干燥处等。灯座的种类可分为插口式和螺旋式两种，型号如表 2-32 所示。各种灯座的主要规格、外形和用途如表 2-33 所示。

表 2-32 灯座型号


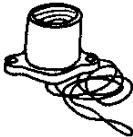


灯 座 式 样	灯 座 型 号
插口式	2-C-22-2, 2-C-22-3
螺旋式	E27/27-1, E27/35-1, E40/45-1, E40/50-1, E40/75-3

表 2-33 各种灯座规格、外形和用途

名 称	外 形	种 类	额定电压/V	额定电流/A	用 途
插口灯座		胶木、铜质	250	3	一般用
		胶木小型 铜质小型	<24	—	
插口平灯座		胶木、铜质	250	3	安装在天花板上、墙壁上、 行灯内等
		胶木小型 铜质小型	<24	—	
插口安全灯座		胶木	250	3	胶木喇叭口能将铜圈和灯头罩住，可防触电
插口双插座灯座		胶木	250	5	可同时插接其他电器



续表


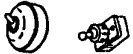
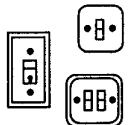
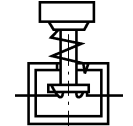
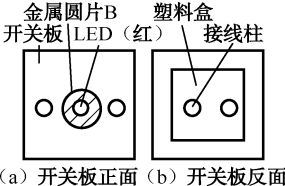
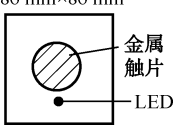
名 称	外 形	种 类	额定电压/V	额定电流/A	用 途
插口单插座灯座		胶木	250	5	同上，但仅一侧有插口
螺旋灯座		胶木、铜质	250	3	一般装螺旋头灯泡用
螺旋平灯座		胶木、铜质、瓷质	250	3	同上，安装在天花板、墙壁上等
防水灯座		胶木、瓷质	250	3	用于屋外
螺旋防水水平灯座		—	250	3	用于屋外，安装在墙壁上
螺旋安全灯座		—	250	3	同插口安全灯座，但供螺旋头灯泡用
螺旋安全平灯座		—	250	3	同螺旋平灯座，但较安全
螺旋双插座灯座		—	250	5	同插口双插座灯座，但用于螺旋头灯泡



二、开关

照明灯具控制开关的外形和功能如表 2-34 所示。

表 2-34 控制开关的外形和功能

名 称	示 意 图	功 能
拉线开关		有暗式和明式两种，暗式拉线较短，明式拉线较长
扳动开关		有明装和暗装两种，开、闭位置明显（一般上开下闭）
跷板开关		体积较小，设计美观，操作轻巧，多为居室选用
钮子开关		体积小，操作方便，但价格高，多在宾馆、居室用
触摸开关	 <p>(a) 开关板正面 (b) 开关板反面</p>	手指触摸金属圆片 B 后，人体感应电压产生触发信号使开关闭合或断开
光敏开关	 <p>86 mm×86 mm</p> <p>金属触片</p> <p>LED</p>	以光敏晶闸管作传感器，根据环境光亮度自动开、闭电路。可用作公共照明电灯的控制开关
声控开关	—	一般与灯具开关串联。利用驻极体拾音话筒拾取声音信号（讲话或击掌），经放大后形成触发信号，控制亮、灭

开关的选择除考虑式样和功能外，还要注意电压和电流。用电电压为 220 V 时应选择额定电压 250 V 级的开关。开关额定电流应按 2 倍负载电流大小来选择，普通照明灯选 2.5~10 A 的开关。如果负载电流很大，应选择闸刀开关。

开关安装位置应方便使用和维修。跷板式、扳动式开关距地高度 1.2~1.5 m（一般为 1.4 m），距门框水平距离 150~300 mm；拉线式开关距地高度 2.2~3 m，距天花板 200 mm，



距门框水平距离 150~300 mm (一般 200 mm)。成排安装的开关其高度要一致,拉线开关相邻净空间距离不应小于 20 mm。厨房、浴室等多尘、潮湿房间应采用防水型、密封性能好的开关,或采取防水、防溅、防尘措施。单极开关应串在火线回路中,不应串在零线回路中。

三、插座

三相四孔插座设有接地(接零)桩头,多用于机泵、加工厂等小型三相动力设备。单相电用二孔或三孔座。二孔座是不带接地(接零)桩头,用于不需接地保护的电器(电灯、电视等);三孔座带有接地(接零)桩头,用于需要接地保护的电器(电冰箱、洗衣机等)。如果建筑物没有配备保护接地或保护接零系统,则采用三孔插座也失去意义,可将三孔插座的上孔弃之不用。



明装插座的安装高度距地不低于 1.3 m,一般为 1.5~1.8 m;暗装插座的安装高度不低于 150 mm。

75、86 两系列开关、插座如表 2-35 所示。75 系列面板采用电视机屏幕造型,86 系列面板采用平面直角造型。两系列开关的动、静触片的触点均采用 99.9%的白银点焊,触点通、断凭压力弹簧的瞬时动作来完成,敏捷可靠。导电片及插座的接触片均采用 H62 黄铜带和 $QS_{n0.4\% \sim 6.5\%}$ 锡青铜,电气性能良好。开关、插座的导电零件全部封装入整个壳体内,使用安全、寿命长。接线也方便简捷,只需将导线裸头放入接线桩头小孔内,从边上拧紧压紧螺栓即可。

表 2-35 开关、插座面板

图 例	产 品 型 号	产 品 名 称	规 格
	P86Z22T10	二级双联扁圆两用插座	250 V 10 A
	P86Z22AT10	带安全门二级双联扁圆两用插座	250 V 10 A
	P86Z13-10	单相三极插座	250 V 10 A
	P86Z13A10	带安全门单相三极插座	250 V 10 A
	P86Z13-15	单相三极插座	250 V 15 A
	P86Z13A15	带安全门单相三极插座	250 V 15 A
	P86Z223-10	二、三极插座	250 V 10 A
	P86Z223A10	带安全门二、三极插座	250 V 10 A

续表

图 例	产 品 型 号	产 品 名 称	规 格
	P146Z323-10	三联二、三极插座	250 V 10 A
	P146Z323A10	带安全门三联二、三极插座	250 V 10 A
	P86K21-6	双联单控开关	250 V 6.5 A
	P86K22-6	双联双控开关	250 V 6.5 A
	P86K21-10	双联单控开关	250 V 10 A
	P86K22-10	双联双控开关	250 V 10 A

第三章 普通导电材料

普通导电材料是指专门用于输送和传导电流的金属材料。它包括架空线路或电缆线路，室内布线用的各种电线、电缆，电机和电器中线圈用的电磁线、触点、电刷、接触片以及其他各种导电零件等。

普通导电材料按不同的方式分类，通常可分为以下类别。

- ① 按构造的不同通常可分为裸电线、绝缘电线、电磁线、电缆等。裸电线和绝缘电线又可分为单线和绞线两种。
- ② 按所使用的金属材料分类，可分为铜线、铝线、铜芯铝线、钢线、镀锌铁线等。
- ③ 按所使用的金属材料的性质分类，可分为软线和硬线两种。硬线是未经退火处理的，其抗拉强度大。软线是经过退火处理过的，其抗拉强度较差。
- ④ 按导线截面的形状分类，可分为圆线和型线两种。

常用的金属导线材料要求电阻低（电导率高），机械强度高，故一般场合多使用铜线。常用导电材料主要性能如表 3-1 所示。

表 3-1 常用导电材料主要性能

名 称	电阻率/ $(\rho/\Omega\cdot\text{m})$	抗拉强度/ $(\text{N}\cdot\text{mm}^{-2})$	抗氧化耐腐蚀（比较）	电阻温度系数 $\alpha/^{\circ}\text{C}^{-1}$	可焊性
银 Ag	0.0165×10^{-6}	160~180	中	0.0038	优
铜 Cu	0.0173×10^{-6}	200~220	上	0.0040	优
铝 Al	0.0283×10^{-6}	70~80	中	0.0041	中
低碳钢 Fe	0.12×10^{-6}	250~330	下	0.0042	良

注：① 表中所列电阻率 ρ 和电阻温度系数 α 均为 20℃时的数值；

② 表中电阻温度系数 $\alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1(t_2 - t_1)} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ 。

电线电缆的定义为：用于传输电能、传输信息和实现电磁能量转换的线材产品，它包括裸导线、电磁线、电气设备用绝缘电线和电缆四大类。



第一节 裸导线

裸导线是指仅有金属导体而无绝缘层的电线。裸导线有单线、绞合线、特殊导线和型线与型材四大类。主要用于电力、交通、通信工程与电机、变压器和电器制造。裸导线的分类、型号、特性及主要用途如表 3-2 所示。

表 3-2 裸导线的分类、型号、特性及主要用途

分 类	名 称	型 号	截面范围/mm ²	主 要 用 途	备 注
裸单线	硬圆铝单线	LY	0.06~6.00	硬线主要用于架空线。半硬线和软线用于电线、电缆及电磁线的线芯，亦可用于电动机、电器及变压器绕组	可用 LY、LR 代替
	半硬圆铝单线	LYB			
	软圆铝单线	LR			
	硬圆铜单线	TY	0.02~6.00		
	软圆铜单线	TR			
	镀锌铁线		1.6~6.0	用于小电流、大跨度的架空线	具有良好的耐腐蚀性
裸绞线	铝绞线	LJ	10~600	用于高、低压架空输电线	
	铝合金绞线	HLJ			
	钢芯铝绞线	LGJ	10~400	用于拉力强度较高的架空输电线	
	防腐钢芯铝绞线	LGJF	25~400		
	硬铜绞线	TJ		用于高、低压架空输电线	可用铝制品代替
	镀锌钢绞线	GJ	2~260	用于农用架空线或避雷线	
裸型线	硬铝扁线	LBY	a: 0.80~7.10 b: 2.00~35.5	用于电动机、电气设备绕组	
	半硬铝扁线	LBBY			
	软铝扁线	LBR			
	硬铝母线	LMY	a: 4.00~31.50	用于配电设备及其他电路装置中	
	软铝母线	LMR	b: 16.00~125.00		
	硬铜扁线	TBY	a: 0.80~7.10	用于安装电动机、电器、配电设备	
	软铜扁线	TBR	b: 2.00~35.00		
	硬铜母线	TMY	a: 4.00~31.50		
	软铜母线	TMR	b: 16.00~125.00		
裸软接线	铜电刷线	TS	0.3~16		
	软铜电刷线	TSR			



续表

分 类	名 称	型 号	截面范围/mm ²	主 要 用 途	备 注
裸软接线	纤维编织镀锡铜电刷线	TSX	0.3~16	用于电动机、电器及仪表线路上连接电刷	
	纤维编织镀锡铜软电刷线	TSXR	0.6~2.5		
	铜软绞线	TJR	0.06~5.00	电气装置、电子元器件连接线	
	镀锡铜软绞线	TJRX			
	铜编织线	TZ	4~120		
	镀锡铜编织线	TZX			

1. 裸绞线

绞合线是由多股单线绞合而成的导线，其目的是改善使用性能。就其结构而论，可分为简单绞线（LJ）、组合绞线（LGJ）和复合绞线。

① 架空线 架空线用得较多的是铝绞线（LJ）和钢芯铝绞线（LGJ）。

TJ 型铜绞线的规格及主要技术数据如表 3-3 所示。

表 3-3 TJ 型铜绞线的规格及主要技术数据

标称截面 /mm ²	结 构 尺 寸		成品外径 /mm	直流电阻 /（Ω/km）	拉断力 /（×10 ³ N）	重量 /（kg/km）
	根数	线径/mm				
16	7	1.70	5.10	1.140	5.86	143
25	7	2.12	6.36	0.733	8.90	222
35	7	2.50	7.50	0.527	12.37	309
50	7	3.00	9.00	0.366	17.81	445
70	19	2.12	10.60	0.273	24.15	609
95	19	2.50	12.50	0.196	33.58	847
120	19	2.80	14.00	0.156	42.12	1062
150	19	3.15	15.75	0.123	51.97	1344
185	37	2.50	17.50	0.101	65.39	1650
240	37	2.85	19.95	0.078	84.97	2145
300	37	3.15	22.05	0.063	101.21	2620
400	61	2.85	25.65	0.047	140.09	3540

注：① 直流电阻是指 20℃ 时的电阻；

② 拉断力是指首次出现任一单线断裂时的拉力。



LJ 型铝绞线的规格及主要技术数据如表 3-4 所示。

表 3-4 LJ 型铝绞线的规格及主要技术数据

标称截面 /mm ²	导线根数直径 /mm	实际截面 /mm ²	导线直径 /mm	直流电阻 / (Ω/km)	拉断力 /kN	单位重量/ (kg/km)	安全载重量		
							70 ℃	80 ℃	90 ℃
10	3/2.07	10.1	4.56	2.896	1.63	27.6	64	76	86
16	7/1.70	15.9	5.10	1.847	2.57	43.5	83	98	111
25	7/2.12	24.7	6.36	1.188	4.00	67.6	109	129	147
35	7/2.50	34.4	7.50	0.854	5.55	94.0	133	159	180
50	7/3.00	49.5	9.00	0.593	7.50	135	166	200	227
70	7/3.55	69.3	10.65	0.424	9.90	190	204	246	280
95	19/2.50	93.3	12.50	0.317	15.10	257	244	296	338
95*	7/4.14	94.2	12.42	0.311	13.40	258	246	298	341
120	19/2.80	117.0	14.00	0.253	17.80	323	280	340	390
150	19/3.15	148.1	15.75	0.200	22.50	409	323	395	454
185	19/3.50	182.8	17.50	0.162	27.80	504	366	450	518
240	19/3.98	236.4	19.90	0.125	33.70	652	427	528	610
300	37/3.20	297.6	22.40	0.0996	45.20	822	490	610	707
400	37/3.70	397.8	25.90	0.0745	56.70	1099	583	732	851
500	37/4.14	498.1	28.98	0.0595	71.00	1376	667	842	982
600	61/3.55	603.8	31.95	0.0491	81.50	1669	747	949	1110

*某些规格，一种截面有两种导线绞合结构。以下各表均同。

LGJ 型钢芯铝绞线的规格及主要技术数据如表 3-5 所示。

表 3-5 LGJ 型钢芯铝绞线的规格及主要技术数据

标称 截面 /mm ²	异线根数直径/mm		截面/mm ²		直径/mm		直流电阻 20 ℃/ (Ω/km)	拉断力 /kN	单位重量/ (kg/km)	截流量/A		
	铝	钢	铝	钢	导线	钢芯				70 ℃	80 ℃	90 ℃
10	6/1.50	1/1.5	10.6	11.77	4.50	1.5	2.774	3.67	42.9	65	77	87
16	6/1.80	1/1.8	15.3	2.54	5.40	1.8	1.926	5.30	61.7	82	97	109
25	6/2.20	1/2.2	22.8	3.80	6.60	2.2	1.289	7.90	92.2	104	123	139
35	6/2.80	1/2.8	37.0	6.16	8.40	2.8	0.796	11.90	149	138	164	183
50	6/3.20	1/3.2	48.3	8.04	9.60	3.2	0.609	15.50	195	161	190	212
70	6/3.80	1/3.8	68.0	11.3	11.40	3.8	0.432	21.30	275	194	228	255



续表

标称 截面 /mm ²	异线根数直径/mm		截面/mm ²		直径/mm		直流电阻 20 ℃/ (Ω/km)	拉断力 /kN	单位重量/ (kg/km)	载流量/A		
	铝	钢	铝	钢	导线	钢芯				70 ℃	80 ℃	90 ℃
95	28/2.07	7/1.8	94.2	17.8	13.68	5.4	0.315	34.90	401	248	302	345
95	7/4.14	7/1.8	94.2	17.8	13.68	5.4	0.312	33.10	398	230	272	304
120	28/2.30	7/2.0	116.3	22.0	15.20	6.0	0.255	43.10	495	281	344	394
120	7/4.60	7/2.0	116.3	22.0	15.20	6.0	0.253	40.90	492	256	303	340
150	28/2.53	7/2.2	140.8	26.6	16.72	6.6	0.211	50.80	598	315	387	444
185	28/2.88	7/2.5	182.4	34.4	19.02	7.5	0.163	65.70	774	368	453	522
240	28/3.22	7/2.8	228.0	43.1	21.28	8.4	0.130	78.60	969	420	520	600
300	28/3.80	19/2.0	317.5	59.7	25.20	0.0	0.0935	111.00	1348	511	638	740
400	28/4.17	19/2.2	382.4	72.2	27.68	1.0	0.0778	134.00	1626	570	715	832

注：防腐型钢芯铝绞线标称截面 25~400 mm² 的规格、线芯结构同 LGJ。

② 软接线 软接线是指质地柔软的铜绞线与编织线或铜铂。主要用于需要耐振动和耐弯曲的场合。

2. 圆单线

单线按材质可分为铜和铝及其合金。按外形可分为圆单线、扁单线和异型线。

3. 型线和型材

型线和型材是指母线、铜带、铜梯排、空心导线等。

4. 特殊导线

特殊导线是为满足架设环境的特殊要求而设计制造的。主要有以下几种。

- 为减少电晕损失与无线电干扰的扩径导线（扩径钢芯铝绞线）；
- 为高寒地区防风压、冰雪的压缩型导线（压缩型钢芯铝绞线）；
- 为减振而制造的自阻尼导线；
- 防冰雪导线；
- 光纤复合架空导线，在输电线路采用，可同时输入信号和实现大容量的信息传递。

第二节 电磁线

电磁线是专门用于实现电能与磁能相互转换的有绝缘层的导线，常用于制造电机、变



压器及电器的线圈，按绝缘特点和用途分为漆包线、绕包线、无机绝缘线和特种电磁线四大类。电磁线的选用主要考虑耐热等级、击穿强度、导线截面（载流量）和工作环境是否潮湿、有无腐蚀物质等。特殊场合要用专用线。

1. 漆包线

漆包线的绝缘层是漆膜，特点是漆膜薄而牢固，均匀光滑，主要采用有机合成高分子化合物，广泛用于制造中小型电机、变压器和电器的线圈。按漆膜及使用特点分为普通漆包线和特种漆包线，其型号、规格、特点及主要用途如表 3-6 所示，其中圆线规格以线芯直径表示，扁线以线芯窄边 a 及宽边 b 的长度表示。

表 3-6 漆包线的型号、规格、特点及主要用途

类 别	名 称	型 号	耐 热 等 级	规格/mm	特 点	主 要 用 途
油性漆包线	油性漆包圆铜线	Q	A (105℃)	0.02~2.50	① 漆膜均匀，介质损耗较小 ② 耐溶剂性和耐刮性差	中、高频线圈及仪表、电器的线圈
缩醛漆包线	缩醛漆包圆铜线	QQ-1 QQ-2	E (120℃)	0.02~2.50 0.06~2.50 0.02~2.50 a : 0.8~5.60 b : 2.0~18.0	① 热冲击性、耐刮性和耐水解性好 ② 漆膜受卷绕应力易产生裂纹（浸渍前须在 120℃ 左右加热 1 h 以上，以消除应力）	普通中小型电机、微电机绕组和油浸变压器的线圈、电气仪表等的线圈
	缩醛漆包圆铝线	QQL-1 QQL-2				
	彩色缩醛漆包圆铜线	QQS-1 QQS-2				
	缩醛漆包扁铜线	QQB				
	缩醛漆包扁铝线	QQLB				
	缩醛漆包扁铝合金线		E (120℃)	a : 0.8~5.60 b : 2.0~18.0	同上，抗拉强度比铝线大，可承受线圈在短路时较大的应力	大型变压器线圈和换位导线
聚氨酯漆包线	聚氨酯漆包圆铜线	QA-1	E (120℃)	0.015~1.00	① 在高频条件下介质损耗较小 ② 可以直接焊接，不许刮去漆膜 ③ 着色性好 ④ 过负载性能好	要求 Q 值稳定的高频线圈、电视机线圈和仪表用的微细线圈
	彩色聚氨酯漆包圆铜线	QA-2				



续表

类 别	名 称	型 号	耐 热 等 级	规格/mm	特 点	主 要 用 途
环氧漆包线	环氧漆包线铜线	QH-1 QH-2	E (120℃)	0.06~2.50	① 耐水解性、耐潮性、耐酸碱腐蚀和耐油性好 ② 弹性、耐刮性较差	油浸变压器的线圈和耐化学品腐蚀、耐潮湿电动机的绕组
聚酯漆包线	聚酯漆包圆铜线	QZ-1 QZ-2	B (130℃)	0.02~2.50 0.06~2.50 0.06~2.50 a : 0.8~5.60 b : 2.0~18.0	① 在干燥和潮湿条件下, 耐电压击穿性能好 ② 软化击穿性能好 ③ 耐水解性、热冲击性较差	通用中小电动机的绕组, 干式变压器和电气仪表的线圈
	聚酯漆包圆铝线	QZL-1 QZL-2				
	彩色聚酯漆包圆铜线	QZS-1 QZS-2				
	聚酯漆包扁铜线	QZB				
	聚酯漆包扁铝线	QZLB				
	聚酯漆包扁铝合金线		B (130℃)	a : 0.8~5.60 b : 2.0~18.0	同上, 抗拉强度比铝线大, 可承受线圈在短路时较大的应力	干式变压器线圈
聚酯亚胺漆包线	聚酯亚胺漆包圆铜线	QZY-1 QZY-2	F (155℃)	0.06~2.50 a : 0.8~5.60 b : 2.0~18.0	① 在干燥和潮湿条件下, 耐电压击穿性能好 ② 热冲击性能、软化击穿性能好 ③ 在含水密封系统中易水解	高温电机和制冷装置中电机的绕组, 干式变压器和电气仪表的线圈
	聚酯亚胺漆包扁铜线	QZYB				
聚酰胺酰亚胺漆包线	聚酰胺酰亚胺漆包圆铜线	QXY-1 QXY-2	C (200℃)	0.06~2.50 a : 0.8~5.60 b : 2.0~18.0	① 耐热性、热冲击性及耐刮性好 ② 在干燥和潮湿条件下耐击穿电压高 ③ 耐化学药品腐蚀性能优	高温重负荷电机、牵引电机、制冷设备电机的绕组, 干式变压器和电气仪表的线圈以及密封式电动机、电气绕组
	聚酰胺酰亚胺漆包扁铜线	QXYB				

续表

类 别	名 称	型 号	耐 热 等 级	规格/mm	特 点	主 要 用 途
聚酰亚胺漆包线	聚酰亚胺漆包圆铜线	QY-1 QY-2	C (200℃)	0.02~2.50 a: 0.8~5.60 b: 2.0~18.0	① 漆膜的耐热性是目前最好的一种 ② 软化击穿及热冲击性优, 能承受短时期过载负荷 ③ 耐低温性、耐辐射性好 ④ 耐溶剂及化学药品腐蚀性好 ⑤ 耐碱性较差	耐高温电动机、干式变压器、密封式继电器及电子元件
	聚酰亚胺漆包扁铜线	QYB				
特种漆包线	自黏真焊漆包圆铜线	QAN	E (120℃)	0.10~0.44	在一定温度、时间条件下不需刮去漆包膜, 可直接焊接, 同时不需浸渍处理, 能自行黏合成形	微型电机、仪表的线圈和电子元件、无骨架线圈
	环氧自黏性漆包圆铜线	QHN	E (120℃)	0.10~0.51	① 不需浸渍处理, 在一定温度条件下, 能自行黏合成形 ② 耐油性良好 ③ 耐刮性较差	仪表和电器的线圈、无骨架的线圈
	缩醛自黏性漆包圆铜线	QQN	E (120℃)	0.10~1.00	① 能自行黏合成形 ② 热冲击性能良	
	聚酯自黏性漆包圆铜线	QZN	B (130℃)	0.10~1.00	① 能自行黏合成形 ② 耐击穿电压性能优	
	无磁性聚氨酯漆包圆铜线	QATWC	E (120℃)	0.02~0.2	① 漆包线中铁的含量极低, 对感应磁场所起干扰作用极微 ② 在高频条件下介质损耗较小 ③ 不需剥去漆膜即可直接焊接	精密仪表和电器的线圈, 如直镜式检流计、磁通表、测振仪等的线圈

注: ① 上表“规格范围”一栏中, 圆线规格以线芯直径表示, 扁线以线芯窄边 (a) 及宽边 (b) 长度表示。

② 在“型号”一栏中, “-1”表示 1 级漆膜 (薄漆膜), “-2”表示 2 级漆膜 (厚漆膜)。



2. 绕包线

绕包线是指用绝缘物（如绝缘纸、玻璃丝或合成树脂等）紧密绕包在裸导线芯（或漆包线）上形成绝缘层的电磁线。一般应用于大中型电工产品中，绕包线的型号、规格、特点及主要用途如表 3-7 所示。

表 3-7 绕包线的型号、规格、特点及主要用途

类 别	名 称	型 号	耐热等级	规 格	特 点	主 要 用 途
纸包线	纸包圆铜线	Z	A (105℃)	1.0~5.60	① 在油浸变压器中作 线圈，耐电压击穿性能好 ② 绝缘纸易破损 ③ 价廉	用于油浸变压 器绕组
	纸包圆铝线	ZL		1.0~5.60		
	纸包扁铜线	ZB		a: 0.9~5.60		
	纸包扁铝线	ZLB		b: 2.0~18.0		
玻璃丝 包线及 玻璃丝 包漆包 线	双玻璃丝包圆铜线	SBEC	B (130℃)	0.25~6.0	① 过负载性好 ② 耐电晕性好 ③ 玻璃丝包漆包线耐 潮湿性好	用于电机、仪 器、仪表等电工 产品中绕组
	双玻璃丝包圆铝线	SBELC				
	双玻璃丝包扁铜线	SBECB				
	双玻璃丝包扁铝线	SBELCB				
	单玻璃丝包聚酯漆 包扁铜线	QZSBCB				
	单玻璃丝包聚酯漆 包扁铝线	QZS-BLCB		a: 0.9~5.60 b: 2.0~18.0		
	双玻璃丝包聚酯漆 包扁铜线	QZS-BECB				
	双玻璃丝包聚酯漆 包扁铝线	QZS-BELCB				
	单玻璃丝包聚酯 漆包圆铜线	QZSBC	E (120℃)	0.53~2.50		
	硅有机漆双玻璃丝 包圆铜线	SBEG	H (180℃)	0.25~6.0 a: 0.9~5.60 b: 2.0~18.0	同上。耐弯曲性较差	
	硅有机漆双玻璃丝 包扁铜线	SBEGB				
	双玻璃丝包聚酰亚 胺漆包扁铜线	QYS-BEGB				
	单玻璃丝包聚酰亚 胺漆包扁铜线	QYS-BGB				

续表

类 别	名 称	型 号	耐热等级	规 格	特 点	主 要 用 途
丝包线	双丝包圆铜线	SE	A (120℃)	0.05~2.50	① 绝缘层的机械强度较好 ② 油性漆包线的介质损耗较小 ③ 丝包漆包线的电性能好	用于仪表、电信设备的线圈绕组以及采矿电缆的线芯等
	单丝包油性漆包圆铜线	SQ				
	单丝包聚酯漆包圆铜线	SQZ				
	双丝包油性漆包圆铜线	SEQ				
	双丝包聚酯漆包圆铜线	SEQZ				
薄膜绕组包线	聚酰亚胺薄膜绕组包圆铜线	Y	R (240℃)	2.5~6.0 a: 2.5~5.6 b: 2.0~16.0	① 耐热和耐低温性好 ② 耐辐射性好 ③ 高温下耐电	用于高温、有辐射等场所的电机绕组及干式变压器线圈
	聚酰亚胺薄膜绕组包扁铜线	YB				

3. 无机绝缘电磁线

无机绝缘电磁线有铜线和铝线，形状有圆、扁、带（箔）。按绝缘层分，有氧化膜或氧化膜外涂漆、陶瓷、玻璃。突出优点是耐高温、耐辐射。其品种、型号、特点和主要用途如表 3-8 所示。

表 3-8 无机绝缘电磁线的型号、规格、特点及主要用途

类 别	名 称	型 号	规格/mm	长期工作温度/℃	特 点	主 要 用 途
氧化膜线	氧化膜圆铝线	YML YMLC	0.05~5.0 a: 1.0~4.0 b: 2.5~6.3 厚 0.08~1.00 宽 20~900	以氧化膜外涂绝缘漆的涂层性质确定工作温度	① 槽满率高 ② 耐辐射性好 ③ 弯曲性、耐酸、碱性差 ④ 击穿电压低 ⑤ 不用绝缘漆封闭的氧化膜耐潮性差	起重电磁铁、高温制动器、干式变压器线圈，并用于需耐辐射场合
	氧化膜扁铝线	YMLB YMLBC				
	氧化膜铝带（箔）	YMLD				
玻璃膜绝缘微细线	玻璃膜绝缘微细锰铜线	BMTM-1 BMTM-2 BMTM-3	6~8 μm 2~5 μm	-40~+100	① 导体电阻的热稳定性好 ② 能适应高低温的变化 ③ 弯曲性差	适用于精密仪器、仪表的无感电阻和标准电阻元件
	玻璃膜绝缘微细镍铬线	BMNG				
陶瓷绝缘线		TC	0.06~0.50	500	① 耐高温性能好 ② 耐化学腐蚀性、耐辐射性好 ③ 弯曲性差 ④ 击穿电压低 ⑤ 耐潮性差	用于高温及有辐射场合电器的线圈等



第三节 绝缘导线

电气设备用绝缘电线分为通用绝缘电线和专用绝缘电线两大类。通用绝缘电线包括橡胶、塑料绝缘电线、软线以及屏蔽电线；专用绝缘电线包括汽车用低压电线和高压点火线、电机电气引接线、计算机用线、航空等特殊用电线及补偿导线等。

1. 橡胶、塑料绝缘电线

橡胶、塑料即聚氯乙烯（PVC）绝缘电线广泛应用于交流额定电压（ U_0/U ）450/750 V、300/500 V 及以下和直流电压 1000 V 以下的动力装置及照明线路的固定敷设中。一般电线长期允许工作温度不超过 70 ℃，敷设环境温度不低于 0 ℃。常用橡胶、塑料绝缘电线品种、型号及主要用途如表 3-9 所示。

表 3-9 常用橡胶、塑料绝缘电线品种、型号及主要用途

产 品 名 称	型 号	截面范围/mm ²	额定电压 U_0/U /V	最高允许工 作温度/℃	主 要 用 途
铝芯氯丁橡胶线	BLXF	2.5~185	300/500	65	固定敷设用，尤其宜用于 户外，可明设或暗设
铜芯氯丁橡胶线	BXF	0.75~95			
铝芯橡胶线	BLX	2.5~400	300/500		固定敷设用于照明和动力 线路，可明敷或暗敷
铜芯橡胶线	BX	1.0~400			
铜芯橡胶软线	BXR	0.75~400	300/500	65	用于室内安装及有柔软要 求的场合
橡胶绝缘氯丁橡胶护 套线	BXHL BLXHL	0.75~185	300/500	65	敷设于较潮湿的场合，可 明敷或暗敷
铝芯聚氯乙烯绝缘电 线	BLV	1.5~185	450/750	70	固定敷设于室内外照明， 电力线路及电气设备内部， 明敷暗敷均可
铜芯聚氯乙烯绝缘电 线	BV	0.75~185			
铜芯聚氯乙烯软线	BVR	0.75~70	450/750	70	室内安装，要求较柔软（不 频繁移动）的场合
铝芯聚氯乙烯绝缘聚 氯乙烯护套线	BLVV	2.5~10 (2~3 芯)	300/500	70	固定敷设于潮湿的室内和 机械防护较高的场合，可明 敷或暗敷和直埋地下
铜芯聚氯乙烯绝缘聚 氯乙烯护套线	BVV	0.75~10 (2~3 芯)			
		0.5~6 (4~5 芯)			



续表

产 品 名 称	型 号	截面范围/mm ²	额定电压 U_0/U /V	最高允许工 作温度/℃	主 要 用 途
铜(铝)芯聚氯乙烯绝 缘聚氯乙烯护套平行线	BVVB (BLVVB)	0.75~10 (2~3 芯) 2.5~10 (2~3 芯)	300/500	70	固定敷设, 用于室内外照 明及作为小容量动力线, 可 明敷或暗敷
铜(铝)芯耐热 105℃ 聚氯乙烯绝缘电线	BV-105 (BLV-105)	0.5~6	450/750	105	敷设于高温环境的场所, 可明敷或暗敷
铜芯耐热 105℃聚氯 乙烯绝缘软线	BVR-105	0.75~10	450/750	105	同 BV-105, 用于安装时要 求柔软の場合
纤维和聚乙烯绝缘电 线	BSV	0.07~1.50	300/500	65	电器、仪表等作固定敷设 的线路用于交流 250 V 或直 流 500 V 场合
纤维和聚乙烯绝缘软 线	BSVR				
丁腈聚氯乙烯复合物 绝缘电气装置用电(软) 线	BVF (BVFR)	0.75~6.0 0.75~70	300/500	65	在交流 500 V 或直流 1000 V 以下的电器、仪表等 装置中用作连接线

注: 额定电压 U_0 ——电缆芯线对地或金属屏蔽层的电压。

2. 橡胶、塑料绝缘软线

橡胶、塑料绝缘连接用软线在家用电器和照明中应用极为广泛, 也适用于各种交、直流移动电器, 电工仪表, 电气设备及自动化装置的接线。使用时要注意工作电压, 大多为交流 250 V 或直流 500 V 以下, 及交流额定电压 (U_0/U) 450/750 V、300/500 V 及以下。常用橡胶、塑料绝缘软线的品种、型号和主要用途如表 3-10 所示。

表 3-10 常用橡胶、塑料绝缘软线品种、型号及主要用途

产 品 名 称	型 号	截面范围/mm ²	额定电压 U_0/U /V	最高允许工 作温度/℃	主 要 用 途
聚氯乙烯绝缘单芯软线	RV	0.12~10	450/750	70	供各种移动电器、仪表、 电信设备、自动化装置接线、 移动电具、吊灯的电源连接 线
聚氯乙烯绝缘双芯平行 软线	RVB	0.12~2.5	300/300		
聚氯乙烯绝缘双芯绞合 软线	RVS	0.12~2.5			
聚氯乙烯绝缘及护套平 行软线	RVVB	0.5~0.75			



续表

产 品 名 称	型 号	截面范围/mm ²	额定电压 U_0/U /V	最高允许工 作温度/℃	主 要 用 途
聚氯乙烯绝缘和护套软 线	RVV	0.12~6 (4 芯以下) 0.12~2.5 (5~7 芯) 0.12~1.5 (10~24 芯)	300/500	70	同 RV, 用于潮湿和机械防 护要求较高场合
丁腈聚氯乙烯复合绝缘 平行软线	RFB RVFB	0.12~2.5	交流 300/500	70	同 RVB, 但低温柔软性较 好
丁腈聚氯乙烯复合绝缘 绞合软线	RFS RVFS	0.12~2.5	直流 500	70	同 RVB, 但低温柔软性较 好
橡皮绝缘棉纱编织双绞 软线	RXS	0.2~4	300/500	65	用于灯头、灯座之间, 移 动家用电器连接线
橡皮绝缘棉纱编织软线 (2 芯或 3 芯)	RX	0.3~4			
氯丁橡胶软线	RHF		300/500	65	用于移动电器的电源连接 线
橡胶软线	RH				
聚氯乙烯绝缘软线	RVR-105	0.5~6	450/700	105	高温场所的移动电器连接 线
氟塑料绝缘耐热电线	AF AFP	0.12~0.4 (2~24 芯)	300/300	-60~200	用于航空、计算机、化工 等行业

3. 聚氯乙烯绝缘屏蔽电线

屏蔽线用于防电磁波干扰, 广泛应用于防止互相干扰的仪器仪表、电子设备、电信器件、计算机及电声广播等的线路中。聚氯乙烯绝缘屏蔽电线的品种和规格如表 3-11 所示。

表 3-11 聚氯乙烯绝缘屏蔽电线的品种和规格

产品名称	型 号	截面范围/mm ²	芯 数	额定电压 U_0/U /V	最高允许工作温 度/℃
聚氯乙烯绝缘屏蔽线	BVP	0.03~0.75	1~2	300/300 (交流 250 直流 500)	65
聚氯乙烯绝缘和护套屏蔽线	BVVP				
聚氯乙烯绝缘屏蔽软线	RVP	0.08~1.2	1~2		



续表

产品名称	型 号	截面范围/mm ²	芯 数	额定电压 U_0/U /V	最高允许工作温 度/℃
聚氯乙烯绝缘和护套屏蔽软线	RVVP	0.03~1.5 0.03~1.0 0.03~0.5	1~4 5~10 12~24	300/300 (交流 250 直流 500)	65
耐热 105 ℃聚氯乙烯绝缘屏蔽线	BVP-105	0.03~0.75	1~2		105
耐热 105 ℃聚氯乙烯绝缘屏蔽软电线	RVP-105	0.03~1.5	1~2		105
聚氯乙烯绝缘尼龙屏蔽护套线	FNP-105				-60~200
聚氯乙烯绝缘屏蔽安装线	AVP	0.06~0.4	1		65
丁腈聚氯乙烯复合物绝缘屏蔽软线	RVFP	0.012~1.5	1~24		

第四节 电 缆

电缆按其用途可分为通用电缆、电力电缆和通信电缆等。电气设备用电缆用作各种电气设备、电动工具、仪器和日用电器的移动式电源线；电力电缆用于输配电网干线中；通信电缆用作有线通信（例如，电话、电报、传真、电视广播等）线路，按结构类型分为对称通信电缆和同轴通信电缆。

1. 通用电缆

通用电缆的型号、规格及主要用途如表 3-12 所示。

表 3-12 通用电缆的型号、规格及主要用途

产 品 名 称	型 号	截面范围 /mm ²	额定电压 $U_0/U/V$	主 要 用 途
轻型橡套电缆	YQ	0.3~0.75 (2~3 芯)	300/300	适用日用电气，小型电动移动设备
	YQW			同上，具有耐油、耐气候性能（户外型）
中型橡套电缆	YZ	0.75~6 (2~5 芯)	300/500	各类移动性电气设备
	YZW			同上，户外型
重型橡套电缆	YC	2.5~120 (1~5 芯)	450/750	各类移动式电气设备能承受较大的机械外力
	YCM			同上，户外型
潜水橡套电缆	YHS	0.75~6 (2~4 芯)	450/750	潜水电动机用



2. 电力电缆

电力电缆的型号、规格及主要用途如表 3-13 所示。

表 3-13 电力电缆的型号、规格及主要用途

产 品 名 称	代表产品型号	规 格	主 要 用 途
油浸纸绝缘电缆统包型 分相铅（铝）包型	ZQ、ZLQ ZQ ₂₁ 、ZLQ ₂₁	电压：1~35 kV 截面：2.5~240 mm ²	在交流电压的输配电网中作 传输电能用。固定敷设在室内、 干燥沟道及隧道中（ZQ ₃₁ 、ZQ ₅ 可直埋土壤中）
	ZL、ZLL、 ZL ₂₀ 、ZLL ₂₀	电压：1~10 kV 截面：10~500 mm ²	
	ZLLF、ZQF	电压：20~35 kV	
不滴流浸渍纸绝缘电缆统包型 分相铅（铝）包型	ZQD ₃₁ 、ZLQD ₃₁ ZQD ₃₀ 、ZLQD ₃₀	电压：20~35 kV	同上，但常用于高落差和垂 直敷设场合
	ZQDF、ZLLDF	电压：1~10 kV 截面：10~500 mm ²	
聚乙烯绝缘聚氯 乙烯护套电缆	YV、YLV	电压：6~220 kV 截面：6~240 mm ²	同上，对环境的防腐蚀性能 好，敷设在室内及隧道中，不 能受外力作用
聚氯乙烯绝缘及 护套电缆	VV、VLV	电压：1~10 kV 截面：10~500 mm ²	
交联聚乙烯绝缘 聚氯乙烯护套电缆	YJV YJLV	电压：6~110 kV 截面：16~500 mm ² 多芯：6~240 mm ²	同油浸纸绝缘电缆，但可供 定期移动的固定敷设，无数设 位差的限制
橡胶绝缘电缆	XQ、XLQ、 XLV、XV、 XLF	电压：0.5~6 kV 截面：1~185 mm ²	同油浸纸绝缘电缆，但可供 定期移动的固定敷设
阻燃性交联聚乙烯绝缘电缆	YJT-FR (WD-YJT)	电压：0.5~6 kV 截面：1.5~240 mm ²	易燃环境，商业设施等

3. 通信电缆

对称通信电缆的型号、规格及主要用途如表 3-14 所示，同轴通信电缆的型号、规格及主要用途如表 3-15 所示。



表 3-14 对称通信电缆的型号、规格及主要用途

系 列	品 种	代 表 型 号	使用频率	规格 (线径单位: mm)	主 要 用 途
市内电 话电缆	纸绝缘绞市 内电话电缆	HQ, 裸铅护套型 HQ1, 铅护套麻被护层型 HQ2, 铅护套钢带铠装型	音频	线径: 0.4、0.5、0.6、0.7 对数: 5~1200	城市内和近距离通 信用, 其敷设环境由
		HQ3, 铅护套细钢丝铠装型 HQ5, 铅护套粗钢丝铠装型		线径: 0.5 对数: 5~400	外护层决定
	聚乙烯绝缘聚 氯乙烯护套自承 式市内电话电缆	HYVC		线径: 0.5 对数: 5~100	城市内和近距离通 信用, 可直接架空敷 设
长途对 称通信 电缆	纸绝缘星绞低 频通信电缆	HEQ HEQP, 裸铅保护套型 HEQ2 HEQP2, 铅护套钢带铠装型 HEQ3 HEQP3, 铅护套细钢丝铠装型 HEQ5 HEQP5, 铅护套粗钢丝铠装型	音频	线径: 0.8、0.9、1.0、1.2 组数: 12~37	电话、电报收发讯 台(站)到终端机室 的线路, 铁路区段通 信线路等用
		HEL HELP, 裸铅护套型 HEL22, 铅护套二级外护 HELP22, 层钢带铠装型		线径: 0.8、0.9、1.0、1.2 组数: 12~37	
	泡沫聚乙烯绝 缘低频通信电缆	HEYFLW11, 皱纹铝护套一级 外护层型		线径: 0.8、0.9、1.0、1.2 组数: 12~37	
	纸绝缘低频综 合通讯电缆	HEQZ, 裸铅护套型 HEQZ2, 铅护套钢带铠装型 HEQZ5, 铅护套粗钢丝铠装型		线径: 0.7、0.8、0.9、1.0、1.2、 1.4	低频长途通信、无 线电遥控和广播用
		HELZ, 裸铅护套型 HELZ15, 裸铅护套粗钢丝铠 装一级外护层型 HELZ22, 铅护套钢带铠装二 级外护层型		电缆中元件有对绞组、加强对 绞组、屏蔽对绞组、星绞组、加 强星绞组和六线组等, 电缆可由 不同数量的各种元件组成	



续表

系 列	品 种	代 表 型 号	使用频率	规格 (线径单位: mm)	主 要 用 途
长途对称通信电缆	纸绝缘高频对称通信电缆	HEQ-252, 252 kHz 裸铅护套型	高频组: 12~252 kHz	线径: 1.2 组数: 4、7	多路载波长途通信线路用
		HEQ2-252, 252 kHz 铅护套钢带铠装型		线径: 1.2 组数: 1、3	
		HEQ5-252, 252 kHz 铅护套粗钢丝铠装型		线径: 1.2 组数: 4、7	
		HEL-252, 252 kHz 裸铅护套型		线径: 1.2 组数: 4、7	
	泡沫聚乙烯绝缘高低频综合通信电缆	HEL22-252, 252 kHz 铝护套钢带铠装二级外护套型		线径: 1.2 组数: 4、7	高频组供多路载波长途通信线路用, 低频组用途同低频对称通信电缆
		HEL15-252, 252 kHz 铝护套粗钢丝铠装一级外护层型		线径: 1.2 组数: 4、7	
		HDYFLWZ12, 皱纹铝护套钢带铠装一级外护层型		线径: 0.9、1.2 高频组数: 3、4 低频组数: 4~11	
电话设备用电	纸绝缘高低频综合通信电缆	HDYFLZ22, 平铝护套钢带铠装二级外护层型	高频组: 12~252 kHz	线径: 1.2 高频组数: 3 低频组数: 11	多路载波长途通信线路用
	铝芯单四线组高频对称通信电缆	HDLZ11, 纸绝缘铝护套裸一级外护层型		线径: 1.2 高频组数: 3 低频组数: 11	
	聚苯乙烯绳带绝缘高频对称电缆	HDLZ22, 纸绝缘铝护套钢带铠装二级外护层型		线径: 2.0	
	聚苯乙烯绳带绝缘高频对称电缆	HELLV-252, 252 kHz 纸绝缘平铝护套聚氯乙烯外护层型		线径: 1.2 组数: 4	
	聚苯乙烯绳带绝缘高频对称电缆	252 kHz, 聚苯乙烯绳带绝缘铅护套型		线径: 1.2 组数: 4	
电话设备用电	聚氯乙烯配线电缆 (或叫成端电缆)	HPVV 聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套型	音频	线径: 0.5 对数: 5~404	连接市内电话电缆至配线架 (或分线箱) 用
	聚氯乙烯局用电缆	HJVVP 聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套型 HJVVP 聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套屏蔽型		线径: 0.5 对数: 12~210	配线架至交换机或交换机内部各级机器间连接用



表 3-15 同轴通信电缆的型号、规格及主要用途

品 种	代 表 型 号	使 用 频 率	主 要 用 途	规 格
小同轴综合通信电缆 (1.2/4.4 同轴对)	HOYPLWZ 皱纹铝护套型 HOYPLZ 平铝护套型 HOYQZ25 铅护套相 钢丝铠装二级外护层型	小同轴对: 1.4 MHz 以下 高频组: 根据具体使用情况而定	小同轴对供较多话路的载波长途通信用 高频组供多路载波长途通信用 低频组供各种低频业务通信用	缆芯有四种规格: ① 4 同轴对+3 高频组+信号线 ② 4 同轴对+4 高频组+9 低频组+信号线、组 ③ 4 同轴对+3 高频组+12 低频组+信号线 ④ 8 同轴对+2 低频组+信号线、组
中同轴综合通信电缆 (2.6/9.5 同轴对)	HOYDQZ 裸铅护套型 HOYDQZ22 铅护套钢带铠装二级外护层型 HOYDQZ25 铅护套粗钢丝铠装二级外护层型	中同轴对: 9 MHz 以下 高频组: 根据具体使用情况而定	中同轴对供大通路载波长途通信用, 也可传输电视及其他信息 高频组供多路载波长途通信用	缆芯有两种规格: ① 4 同轴对+4 高频组+1 低频组+信号线 ② 8 同轴对+8 高频组+7 低频组

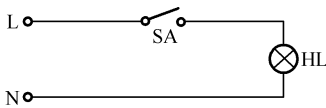
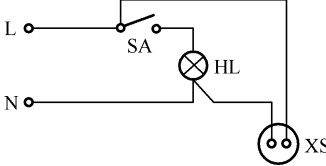
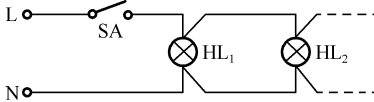
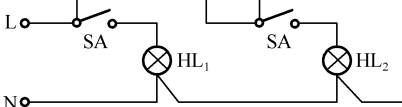
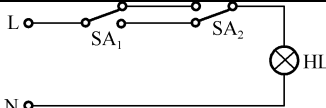
第四章 照明灯控制线路

第一节 照明灯常用控制线路

一、照明灯基本控制线路

照明灯的基本控制线路如表 4-1 所示。

表 4-1 照明灯的基本控制线路

项 目	接 线 图	说 明
一个开关控制一盏灯		① 控制开关应安装在相线（L）上，以保证灯具装卸光源和检修的安全 ② 只需短时照明场所（如楼梯、走廊等处）的电灯控制可采用节能定时开关，以节约电能
一个开关控制一盏灯，并与一插座相连		① 控制开关装在相线（L）上，以控制电灯的亮灭，而插座则不受开关控制 ② 线路中间不宜分线接头，接头应在接线端子处，或通过专门的接线盒
一个开关控制多盏灯		① 控制开关装在相线（L）上，且线路中间不宜接头 ② 开关和导线的容量应能充分满足全部灯具工作的要求
多个开关分别控制多盏灯		① 控制开关均应装在相线（L）上 ② 线路接头均在接线端子处
用两个双联开关在两处控制一盏灯		① 控制开关均应装在相线（L）上 ② 常用于楼梯和走廊上的电灯控制，可在楼梯上下和走廊两端控制灯的亮灭



二、触摸式照明灯应用电路

电子触摸感应开关可对照明灯实施调光控制和延时控制，还可对照明灯直接实施开关控制。感应式触摸开关有由分立元件组成的，较多的还是由小型集成电路组成的，电路简单，效果也好。用一只或两只开关控制多路照明灯的不同工作状态，使多灯头或多支路的照明灯按用户的不同需要进行开启或熄灭，实现特殊的照明效果。

触摸式照明灯电路由电源电路、触摸控制输入电路、单稳态触发器、双稳态触发器和控制执行电路等组成，如图 4-1 所示。

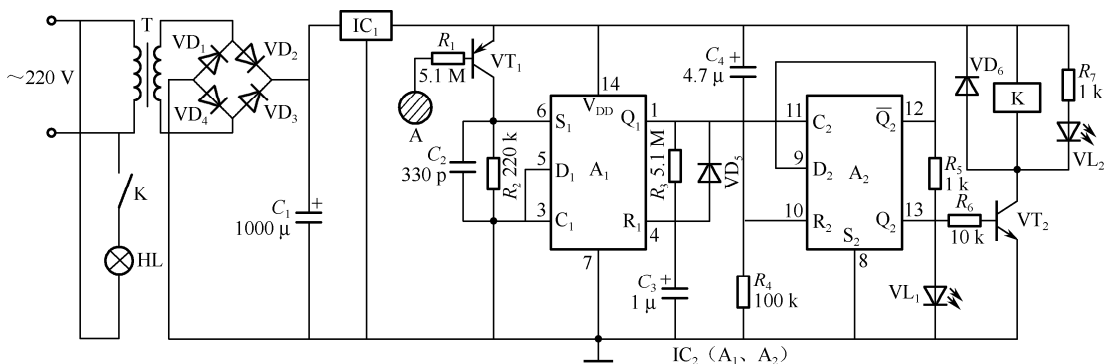


图 4-1 触摸式照明灯应用电路

电路中，电源电路由电源变压器 T、整流二极管 $VD_1 \sim VD_4$ (IN4007)、滤波电容器 C_1 和三端稳压集成电路 IC_1 (LM7806) 组成；触摸控制输入电路由触摸金属片 A、电阻器 R_1 和晶体三极管 VT_1 (S9012) 组成；单稳态触发器由双 D 触发器集成电路 IC_2 (A_1 、 A_2) 内部的触发器 A_1 (CD4013) 和电阻器 R_2 、 R_3 ，电容器 C_2 、 C_3 ，二极管 VD_5 (IN4148) 组成；双稳态触发器由 IC_2 内部的触发器 A_2 (CD4013) 和电阻器 R_4 、 R_5 ，电容器 C_4 ，发光二极管 VL_1 组成；控制执行电路由晶体三极管 VT_2 (C8050)，继电器 K (4098)，二极管 VD_6 (IN4148)，电阻器 R_6 、 R_7 和发光二极管 VL_2 组成。交流 220V 电压经 T 降压、 $VD_1 \sim VD_4$ 整流、 C_1 滤波及 IC_1 稳压后，产生 +6V 电压，作为继电器 K、 IC_2 和 VT_1 的工作电源。

每次接通电源时，由 R_4 和 C_4 产生的复位高电平脉冲加至 IC_2 的 10 脚 (R_2 端)，使触发器 A_2 复位，其 13 脚 (Q_2 输出端) 输出低电平，使 VT_2 截止，继电器 K 不吸合，其常开触点处于断开状态，照明灯 HL 不亮。此时 VL_1 点亮， VL_2 不发光。

当用手触摸一下金属片 A 时，人体的感应信号通过 VT_1 放大后在单稳态触发器的 6 脚 (S_1 端) 产生一个高电平脉冲，使触发器 A_1 翻转， IC_2 的 1 脚 (Q_1 输出端) 输出一个高电



平脉冲,使触发器 A_2 翻转, IC_2 的 13 脚由低电平变为高电平,使 VT_2 导通, K 吸合,其常开触点接通, HL 点亮。同时 VL_1 熄灭, VL_2 点亮。再触摸一下金属片 A ,则电路又恢复为原来状态, VT_2 截止, K 释放, VL_1 点亮, HL 和 VL_2 熄灭。

三、声、光控制照明灯应用电路

在自控灯具中,声、光控的灯具为数不少,这些照明灯能把拍子、脚步声或物体自然发出的声响(如电话铃声等)转换成电信号,控制灯具的开启,根据需要经过一定的时间延迟,照明灯会自动熄灭,有些灯具不仅能利用声音信号还利用光的信号对照明灯的亮度进行调节,方便了人们的生活。

1. 声控照明灯应用电路

声控照明灯电路一般由电源电路、声控放大电路和延时控制电路等组成,如图 4-2 所示。

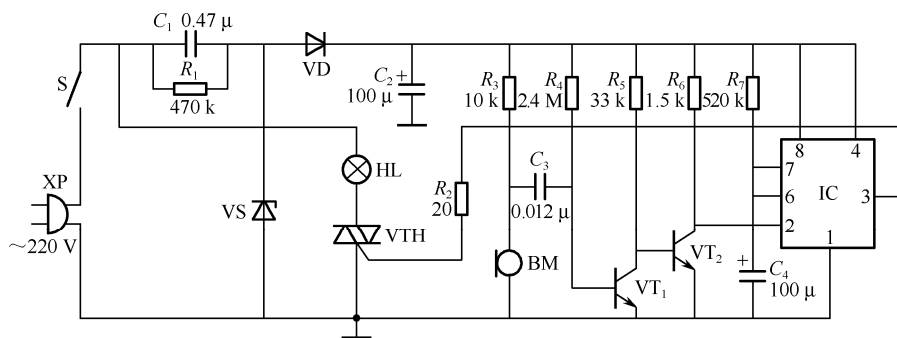


图 4-2 声控照明灯应用电路

其中电源电路由电源开关 S 、降压电容器 C_1 、泄放电阻器 R_1 、稳压二极管 VS (IN4743)、整流二极管 VD (IN4007)和滤波电容器 C_2 组成;声控放大电路由声音传感器 BM (CRZ-29)、晶体三极管 VT_1 (S9013)、 VT_2 (S9013)、电阻器 $R_3 \sim R_6$ 和电容器 C_3 组成;延时控制电路由集成电路 IC (NE555),电阻器 R_2 、 R_7 ,延时电容器 C_4 和晶闸管 VTH (BCR1AM) 组成。

接通电源开关 S ,交流 220 V 电压经 C_1 降压、 VS 稳压、 VD 整流及 C_2 滤波后,产生 +12 V (V_{CC}) 左右的工作电压,供给声控放大电路和延时控制电路。

在无突发声响时, IC 因 2 脚为高电平而处于稳态,3 脚输出低电平。 VTH 处于截止状态,照明灯 HL 不亮。

当有突发声响出现时,该声音信号经 BM 转换成交变电压信号后,再经 VT_1 、 VT_2 两



级电压放大, 在信号的负半周时 IC 内电路翻转, 由稳态变为暂态, 3 脚输出高电平, 使 VTH 受触发而导通, 照明灯 HL 被点亮。同时, C_4 经 IC 的 7 脚内部的放电电路快速放电后, +12 V 电压又经 R_7 对 C_4 缓慢充电, 使 IC 的 6 脚电压不断上升。当该引脚电压升至 $\frac{2}{3}V_{CC}$ 时, IC 复位, 由暂态恢复为稳态, 3 脚由高电平变为低电平, 使 VTH 截止, 照明灯 HL 熄灭。

通过改变 R_7 的阻值或 C_4 的电容量, 可以改变照明灯 HL 延时点亮的持续时间。

2. 光控照明灯应用电路

光控照明灯电路一般由电源电路和光控电路组成, 如图 4-3 所示。其工作特点是: 在白天不工作, 当夜幕降临时自动点亮, 可用于楼道、走廊、地道、医院、公厕等公共场所。

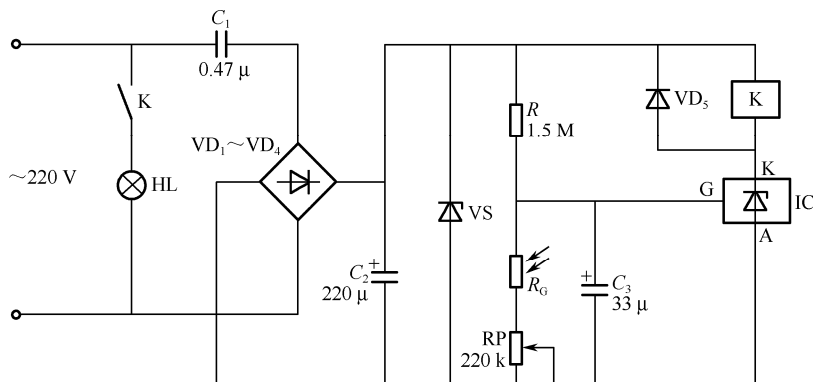


图 4-3 光控照明灯应用电路

其中电源电路由降压电容器 C_1 、整流二极管 $VD_1 \sim VD_4$ (IN4007)、滤波电容器 C_2 和稳压二极管 VS (IN4738) 组成; 光控电路由电阻器 R 、光敏电阻器 R_G 、电位器 RP 、电容器 C_3 、精密稳压集成电路 IC (TL431)、继电器 K (JRX-13F) 和二极管 VD_5 (IN4007) 组成。

220 V 交流电压经 C_1 降压、 $VD_1 \sim VD_4$ 整流、 C_2 滤波及 VS 稳压后, 为光控电路提供 +8 V 直流工作电压。

白天, 光敏电阻器 R_G 受光照射而处于低阻状态, 使稳压集成电路 IC 的 G 端 (控制端) 电压低于 2.5 V, K 端为高电平, 继电器 K 处于释放状态, 照明灯 HL 不亮。

夜晚, 光敏电阻器 R_G 因无光照而阻值增大, 使稳压集成电路 IC 的 G 端电压大于 2.5 V, K 端输出低电平 (低于 2 V), 继电器 K 通电吸合, 其常开触点接通, HL 点亮。

通过调节电位器 RP 的阻值可改变光控的灵敏度。



3. 声光控照明灯应用电路

声光控照明灯应用电路一般由电源电路、声控电路、光控电路、延时控制电路组成,如图 4-4 所示,是一个具有较高的声控灵敏度的声、光控楼梯走道延迟照明开关电路。当晚上有人在楼梯上走动时,脚步声就会使电子开关动作,电灯点亮,人离开(无声响)30 s 后电灯会自行熄灭。

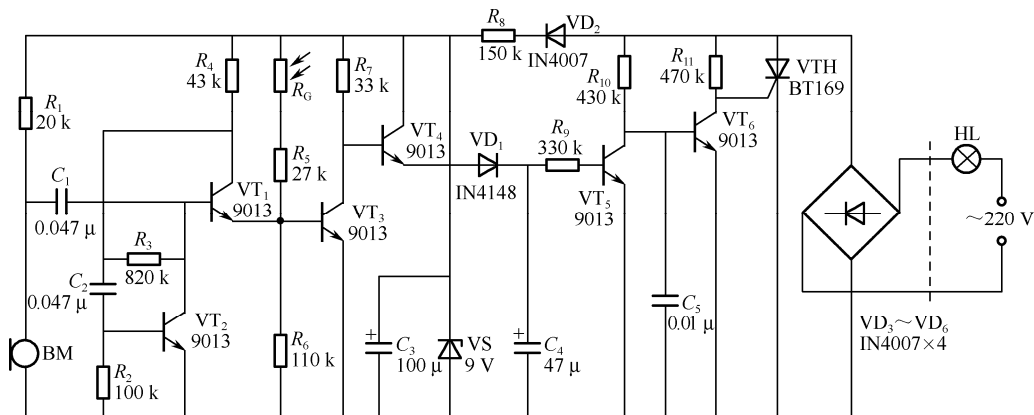


图 4-4 声光控照明灯应用电路

其中电源电路由整流二极管 $VD_3 \sim VD_6$ (IN4007)、二极管 VD_2 (IN4007)、电阻器 R_8 、稳压管 VS (IN4739)、滤波电容器 C_3 组成;声控电路由传声器 BM 、电阻器 $R_1 \sim R_4$ 、电容器 $C_1 \sim C_2$ 、晶体三极管 $VT_1 \sim VT_2$ (S9013) 组成;光控电路由光敏电阻器 R_G 、电阻器 $R_5 \sim R_7$ 、晶体三极管 $VT_3 \sim VT_4$ (S9013) 组成;延时控制电路由 VD_1 (IN4148)、电阻器 $R_9 \sim R_{11}$ 、电容器 $C_4 \sim C_5$ 、晶体三极管 $VT_5 \sim VT_6$ (S9013) 及晶闸管 VTH (BT169) 组成。

整流二极管 $VD_3 \sim VD_6$ 组成的桥式整流电路,经电阻器 R_8 降压限流、 VS 稳压、 C_3 滤波后,输出约+9 V 直流电压,为三极管 $VT_1 \sim VT_4$ 供电。白天光敏电阻器 R_G 呈低电阻,三极管 VT_3 导通, VT_4 截止。此时电容器 C_4 上无电压,三极管 VT_5 截止,三极管 VT_6 导通,晶闸管 VTH 的门极与阴极被 VT_6 短接,晶闸管 VTH 关断,照明灯 HL 不亮。晚上,光敏电阻器 R_G 无光照射,呈高电阻,但由于 R_2 的偏置作用使三极管 VT_1 导通,三极管 VT_1 发射极电流流入三极管 VT_3 基极,使三极管 VT_3 仍处于导通状态,所以在安静状态时,电灯仍不会被点亮。

当楼梯走道上有人走路时,其脚步声或谈话声经传声器 BM 拾取后,输出相应电信号经电容器 C_1 送至三极管 VT_1 放大。放大后音频信号一方面由三极管 VT_1 发射极注入三极管 VT_3 的基极,另一方面由三极管 VT_1 集电极输出,经电容器 C_2 耦合到三极管 VT_2 的基极,



该信号经三极管 VT_2 放大由其集电极输出再次送入三极管 VT_1 基极。由此可见,三极管 VT_1 与 VT_2 组成正反馈式音频放大器,它具有极高的电路增益,因而使电路有很高的声控灵敏度。由于三极管 VT_3 基极有很强的音频信号输入,在其信号的负半周三极管 VT_3 退出导通状态进入放大状态甚至截止状态。三极管 VT_3 集电极电位上升,三极管 VT_4 导通,9 V 直流电压经三极管 VT_4 、稳压管 VD_1 向电容器 C_4 迅速充电,并经电阻器 R_9 使三极管 VT_5 导通、 VT_6 截止,解除对晶闸管 VTH 门极的封锁。晶闸管 VTH 门极由电阻器 R_{11} 获得正向触发电流,晶闸管 VTH 开通,照明灯 HL 就点亮发光。电灯点亮后,自身光线虽然使光敏电阻器 R_G 变成低电阻,使三极管 VT_3 导通封锁,但由于电容器 C_4 已充满了电荷,电容器 C_4 通过电阻器 R_9 向三极管 VT_5 发射极放电,使三极管 VT_5 仍能保持导通状态,所以电灯能继续点亮。当电容器 C_4 放电完毕,三极管 VT_5 截止, VT_6 导通,晶闸管 VTH 关断,电灯熄灭。如果再次有声响,电灯又能点亮。电路的延迟时间主要由电阻器 R_9 、电容器 C_4 的放电时间常数决定,图示数据约为 30 s。白天,因三极管 VT_3 封锁,再大的声响都不会使电灯点亮。

四、红外遥控照明灯应用电路

红外遥控照明灯应用电路是遥控照明灯电路的一种,它通过一个手持的红外遥控器来控制照明灯具的开、关、无级调光或调色等,具有操作方便、使用安全可靠等特点。

红外遥控照明灯应用电路由红外光线发射器与红外光线接收控制器两部分组成。

红外光线发射器电路由振荡、整形、调制发射三部分组成,如图 4-5 所示。

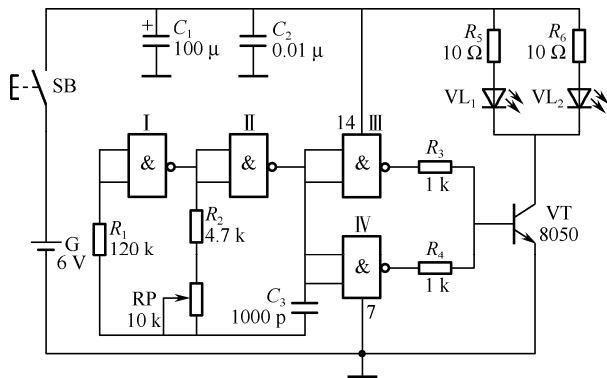


图 4-5 红外遥控发射器电路

与非门 I 和 II 组成自激多谐振荡器,其振荡频率为 40 kHz,它可通过微调电位器 RP 来调节。由于电路中 $R_1 \gg (R_2 + RP)$,故电源电压变化对振荡频率影响很小,这对提高遥控开关工作可靠性非常有利。振荡频率为



$$f \approx 1/2.2(R_2 + R_P)C_3$$

(4-1)

多谐振荡器的输出经门电路 III、IV 整形后驱动并调制发射控制管 VT 工作，使红外发射二极管 VL₁、VL₂ 向外发射已被 40 kHz 方波信号调制的红外线。采用两只红外发射管的目的是增强红外光线的辐射强度，有利于加大遥控距离。

红外光线接收控制器的电路如图 4-6 所示，它由接收调谐放大器、电子开关、无级调光集成电路及电源电路等几部分组成。

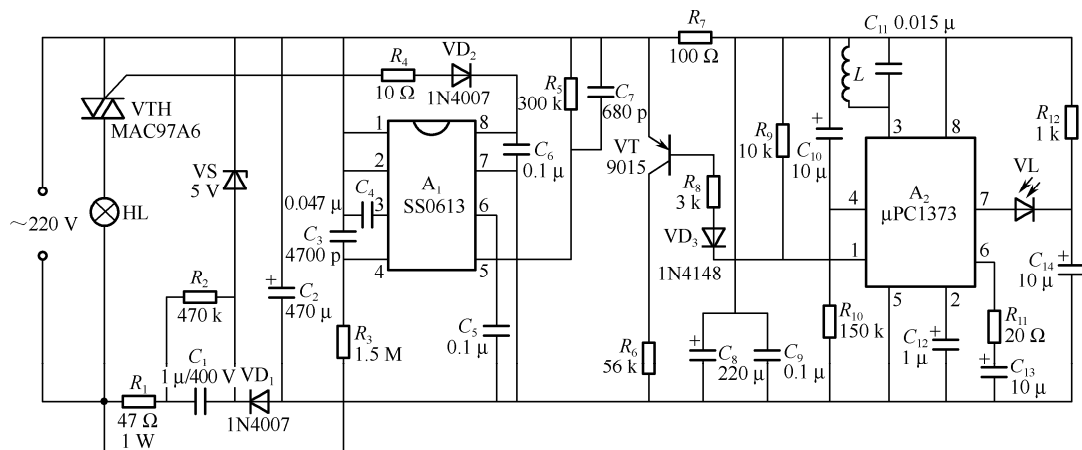


图 4-6 红外遥控接收控制电路

接收调谐放大器是用红外线的专用放大集成电路 A₂ (μPC1373)，它内部功能包括高增益前置放大、峰值检波、输出缓冲以及提供偏压（外部的红外接收二极管 VL 是由 A₂ 提供偏压的）。电感 L、电容器 C₁₁ 组成选频网络，谐振频率为 40 kHz。由于电感、电容存在误差，谐振回路并不一定准确调谐在 40 kHz，但是可以通过发射器微调电阻调整补偿。VL 为红外线接收二极管，当它接收到 40 kHz 调制的红外光时，A₂ 的第 1 脚就由高电平变为低电平，使电子开关管 VT 导通，就向调光集成电路 A₁ (SS0613) 的 SLAVE 端即第 6 脚输入高电平触发信号。

SS0613 的 6 脚 SLAVE 端是高电平触发有效的相移控制输入端，当红外线发射器按键时间在约 0.3 s 以内时，可以实现对照明灯 HL 的“开”或“关”遥控操作。如果按键时间在 0.3 s 以上，则能实现遥控无级调光，当认为灯光亮度合适时，松开发射按键，亮度即被固定。再发一个短暂遥控信号（约小于 0.3 s），灯即关闭；再发一个短暂信号，灯即点亮，且亮度保持在上次调定的亮度值。按键时间超过 0.3 s，则又重新进行无级调光。

下面再介绍一种多功能红外遥控吊灯应用电路，它具有流水、追逐、跳闪等多种灯光变化功能，为家庭增添节日灯光气氛。该红外遥控吊灯电路由红外发射电路和红外接收控



制电路组成。

红外发射控制电路由 NE555 组成多谐振荡器, 如图 4-7 所示。其振荡频率为 1 kHz, 当按下开关 SW 时, 电路起振, 信号由 IC (NE555) 的 3 脚输出, 驱动两个红外发射管 (VL₁、VL₂) 向外发射 1 kHz 的红外光。

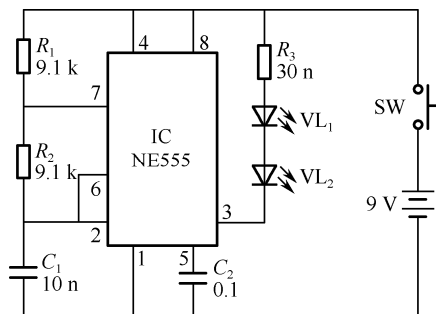


图 4-7 红外遥控吊灯之红外发射控制电路

红外接收控制电路如图 4-8 所示。光电管 VL 接收到 1 kHz 红外光, 其产生的信号经两级三极管放大后, 送到 IC₁ (NE567) 的 3 脚。集成电路 IC₁ 是 PLL 纯音解码器, 其中心频率定为 1 kHz。当集成电路 IC₁ 的 3 脚接收到 1 kHz 信号后, 其 8 脚输出低电平, 经三极管反相后送至 IC₂ (CD4017) 的 14 脚 CP 端, 集成电路 IC₂ 的 11 脚与 15 脚复位端通过二极管相连, 组成 8 进制循环计数器, 当 14 脚收到第一个上升沿脉冲后, 其 2 脚 Q₁ 端电平由低变高。

因此, 每按一次图 4-7 中的按钮 SW, 即重复上述过程, 接收 8 次, Q₁~Q₈ 依次变高, 当 2 脚 Q₁ 端输出高电平时, 通过 VT₁ 触发使得 BCR₁ 导通, A 组灯泡点亮; 同理, 4 脚 Q₂ 端→B 组灯亮, 7 脚 Q₃ 端→C 组灯亮, 10 脚 Q₄ 端→C、B 组灯亮, 1 脚 Q₅ 端→A、C 组灯亮, 5 脚 Q₆ 端→A、B 组灯亮。当 6 脚 Q₇ 端变高电平时, 分两路送到“与”门 F₂、F₃ 的一个输入端, 打开“与”门 F₂、F₃, 由 IC₄ (NE555) 组成的多谐振荡器 3 脚输出的信号, 一路送到“与”门 F₃, 一路反相后送到 F₂, 这样 F₂、F₃ 输出信号正好相反, F₃ 通过 VT₃ 触发 BCR₃, F₂ 通过 VT₂、VT₁ 分别触发 BCR₁、BCR₂。由 IC₄ 的 3 脚输出脉冲信号, 这样就使得 A、B 组灯泡与 C 组灯泡交替点亮。当 9 脚 Q₈ 端输出高电平时, 一路送入 F₁, 把 F₁ 打开, 由 IC₄ 的 3 脚送来的脉冲通过 F₁ 送入 IC₃ (CD4017) 的 14 脚 CP 端, 一路经三极管 VT₄ 反相送入 IC₃ 15 脚复位端, 解除 IC₃ 的复位状态, 在这里 IC₃ 组成三进制循环计数器。因此, IC₃ 的 2 脚、4 脚、7 脚依次输出高电平, 并通过 VT₁、VT₂、VT₃ 分别触发可控硅 BCR₁、BCR₂、BCR₃ 使其导通, 使 A、B、C 组灯依次点亮。

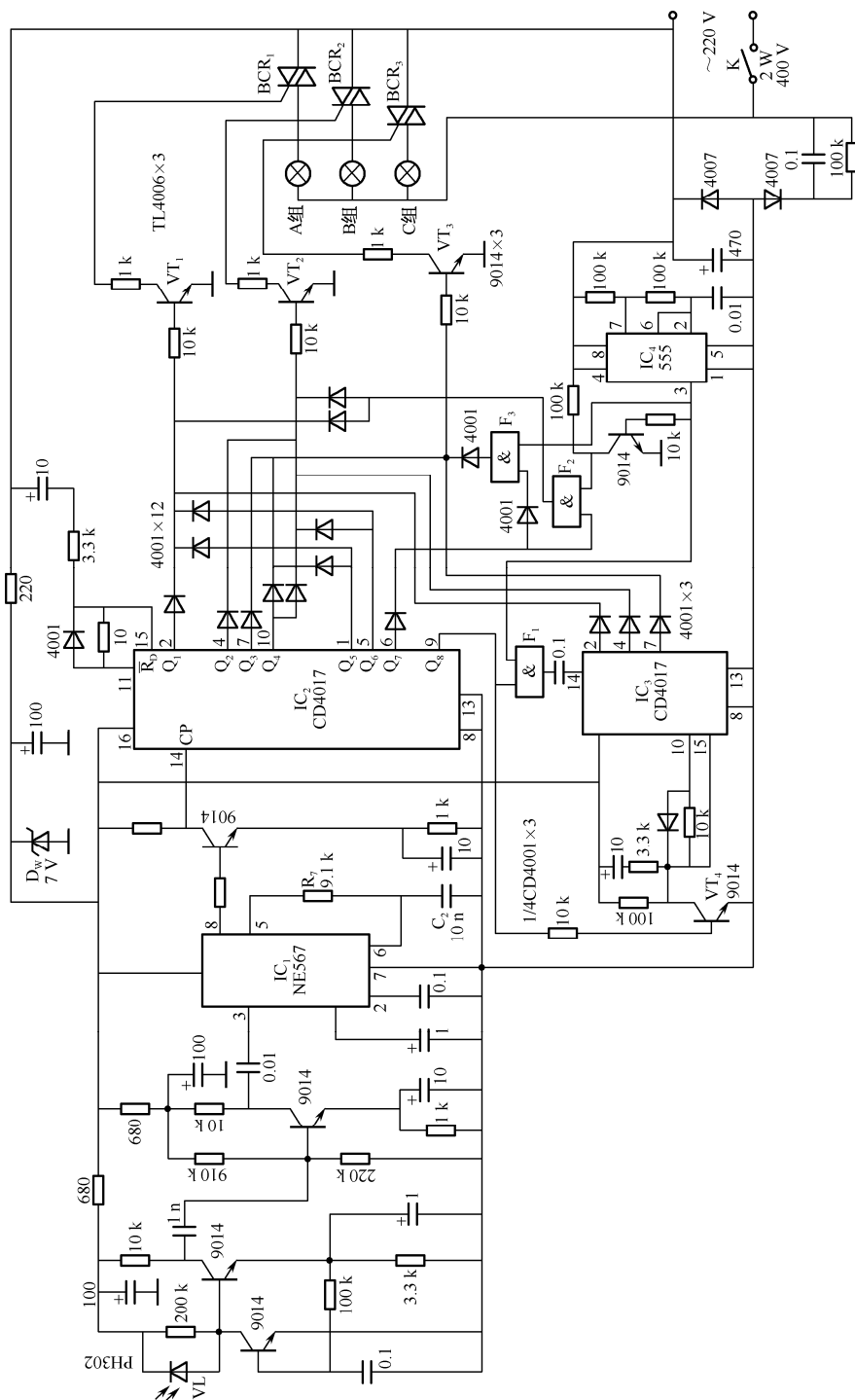


图4-8 红外遥控吊灯之红外接收控制电路

五、渐亮渐暗照明灯应用电路

渐亮渐暗照明灯是指在开灯时灯光会由暗渐亮，最后保持为最高亮度状态；关灯时灯光由最亮渐暗直至熄灭，这样可减少因开关灯时灯光的突然变化对人的视觉的不良影响。

渐亮渐暗照明灯应用电路由电源电路和灯光控制电路组成，如图 4-9 所示。

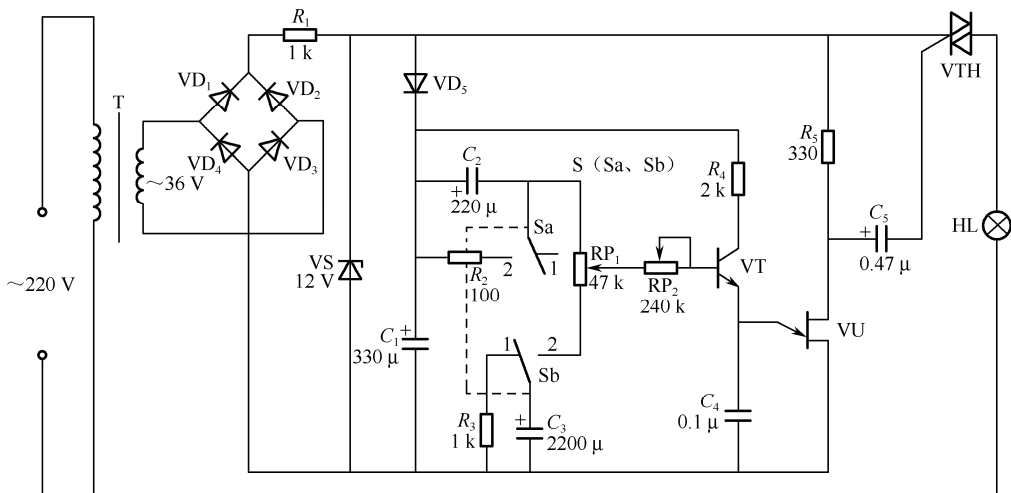


图 4-9 渐亮渐暗照明灯应用电路

其中，电源电路由电源变压器 T、二极管 $VD_1 \sim VD_5$ (IN4007)、限流电阻器 R_1 、稳压二极管 VS (IN4742) 和滤波电容器 C_1 组成；灯光控制电路由晶体三极管 VT (S9013)，单结晶体管 VU (BT33C)，晶闸管 VTH (TLC336A)，控制开关 S (Sa、Sb)，电阻器 $R_3 \sim R_5$ ，电位器 RP_1 、 RP_2 和电容器 $C_2 \sim C_5$ 组成。交流 220 V 电压经变压器 T 降压、二极管 $VD_1 \sim VD_4$ 整流、限流电阻器 R_1 限流及稳压二极管 VS 稳压后，为单结晶体管 VU 提供 +12 V 直流电压。该 +12 V 直流电压经二极管 VD_5 降压、电容器 C_1 滤波后，为晶体三极管 VT 提供工作电源。

将控制开关 S 置于“2”位置时，晶体三极管 VT 和单结晶体管 VU 导通，使晶闸管 VTH 受触发而导通，照明灯 HL 被点亮。但由于此时电容器 C_3 两端电压不能突变，晶体三极管 VT 的工作电流和晶闸管 VTH 的导通角较小，照明灯 HL 处于低亮度状态。随着电容器 C_3 的充电，晶体三极管 VT 的工作电流不断增大，通过单结晶体管 VU 使晶闸管 VTH 的导通角也逐渐增大，照明灯 HL 逐渐变亮。当电容器 C_3 充电结束后，晶体三极管 VT 的工作电流和晶闸管 VTH 的导通角稳定为最大值，使照明灯 HL 的亮度维持为最高亮度状态，从而完成了开灯渐亮的控制。



将 S 置于“1”位置时, 电容器 C_2 和 C_4 通过晶体三极管 VT 放电, 使晶体三极管 VT 工作电流逐渐降低, 晶闸管 VTH 导通角也由大变小, 照明灯 HL 由亮逐渐变暗。当电容器 C_2 放电结束后, 晶体三极管 VT 和晶闸管 VTH 截止, 照明灯 HL 熄灭, 从而完成了关断渐暗的控制。

调整电位器 RP_1 的阻值, 可改变开灯时照明灯 HL 的起亮时间; 调整电位器 RP_2 的阻值, 可调节照明灯 HL 由暗渐亮直至最亮的时间 (一般控制在 20 s 左右)。改变电容器 C_2 的电容量, 可调节照明灯 HL 由亮渐暗直至熄灭的时间 (一般设置为 30 s 左右)。

六、门控照明灯应用电路

在日常照明线路中, 门控照明灯的功能一般是在有人进入房间时将照明灯自动点亮, 人走出房间后照明灯自动熄灭。具有使用方便、安全可靠等特点。

门控照明灯电路由磁控开关 SW、单稳态电路、双稳态电路、控制执行电路和电源电路等组成, 如图 4-10 所示。

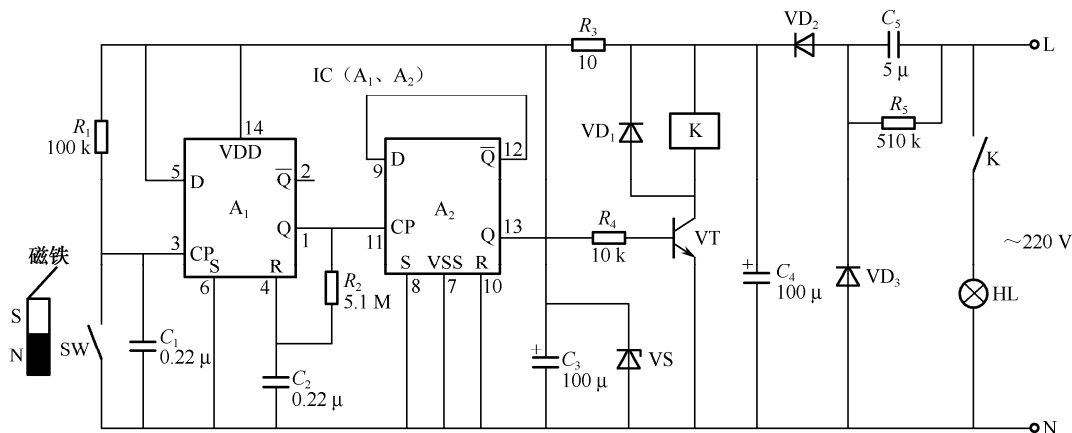


图 4-10 门控照明灯应用电路

电路中, 磁控开关 SW 和条形永久磁铁组成门磁传感器。单稳态电路由双 D 触发器集成电路 IC (CD4013) 内部的一个触发器 A_1 和电阻器 R_1 、电容器 C_1 组成, 其作用是对磁控开关 SW 输入的脉冲信号进行整形, 产生触发脉冲; 双稳态电路由触发器 A_2 和电阻器 R_2 、电容器 C_2 组成, 它在触发器 A_1 输出的触发脉冲作用下翻转, 每收到一个脉冲, 就翻转一次; 控制执行电路由晶体三极管 VT (S8050)、二极管 VD_1 (IN4148)、继电器 K 和电阻器 R_4 组成; 电源电路由降压电容器 C_5 , 电阻器 R_5 , 整流二极管 VD_2 (IN4007), VD_3 (IN4007), 稳压二极管 VS (IN4740) 和滤波电容器 C_4 等组成。交流 220 V 电压经电容器 C_5 降压、二极管 VD_2 和 VD_3 整流、电容器 C_4 滤波后分为两路: 一路供给控制执



行电路,另一路经电阻器 R_4 限流降压、稳压二极管 VS 稳压后,作为集成电路 IC 的工作电压。

在房间的门关闭时,由于磁铁靠近磁控开关 SW,SW 处于接通状态,电容器 C_1 被短路,集成电路 IC 的 3 脚(单稳态电路的 CP 输入端)为低电平,门控照明灯电路不工作。

当有人推门进入房间时,磁铁离开 SW,SW 瞬间断开,电容器 C_1 充电,集成电路 IC 的 3 脚电压上升为高电平,单稳态电路进入暂态,集成电路 IC 的 1 脚(单稳态电路的 Q 输出端)由低电平跳变为高电平,即产生了一个触发脉冲。此触发脉冲加至 IC 的 11 脚(双稳态电路的 CP 输入端),使双稳态电路翻转,集成电路 IC 的 13 脚(双稳态电路的 Q 输出端)由低电平变为高电平,晶体三极管 VT 导通,继电器 K 吸合,其常开触点接通,照明灯 HL 点亮。与此同时,IC 的 1 脚的高电平经电阻器 R_2 对电容器 C_2 充电,使集成电路 IC 的 4 脚电压逐渐上升,当上升至复位电平时,单稳态电路复位,集成电路 IC 的 1 脚又变为低电平。

关门后,磁控开关 SW 在磁力的作用下接通,将电容器 C_1 上的电荷放掉,使集成电路 IC 的 3 脚变为低电平,为下一次开门时单稳态电路产生触发脉冲做好准备。

再次打开门时,磁控开关 SW 又断开,集成电路 IC 的 1 脚又产生一个触发脉冲,使双稳态电路翻转,IC 的 13 脚由高电平变为低电平,晶体三极管 VT 截止,继电器 K 释放,照明灯 HL 熄灭。若此时关闭门后再一次打开门,则照明灯又能点亮。

七、门厅照明灯自动控制应用电路

门厅自动控制照明灯电路主要包括微波传感自动灯电路、红外自动照明灯电路、热释电红外感应自动灯电路等。利用各种控制电路实现“人来灯亮,人走灯灭”的功能,很好地节约了能源,也给人们的生活带来了方便。

1. 微波传感照明灯自动控制电路

微波传感自动灯电路由电源电路、检测控制电路、光控电路、延时电路、自锁电路等组成,如图 4-11 所示。

其中,电源电路由变压器 T、整流二极管 $VD_1 \sim VD_4$ (IN4001)、三端集成稳压器 A_1 (LM7812)、滤波电容器 $C_1 \sim C_4$ 组成;检测控制电路由天线、微波探测模块 A_2 (RD9481)、继电器 K 和晶体三极管 VT (S9013) 组成;光控电路由电阻器 R_1 与光敏电阻器 R_G 组成;延时电路由电阻器 R_5 和电容器 C_6 组成;自锁电路由电阻器 R_4 和电容器 C_7 组成。交流 220 V 电压经变压器 T 降压、二极管 $VD_1 \sim VD_4$ 整流、集成稳压器 A_1 稳压及电容器 $C_1 \sim C_4$ 滤波后,产生+12 V 左右的直流电压,供给微波探测模块 A_2 和继电器 K 等。

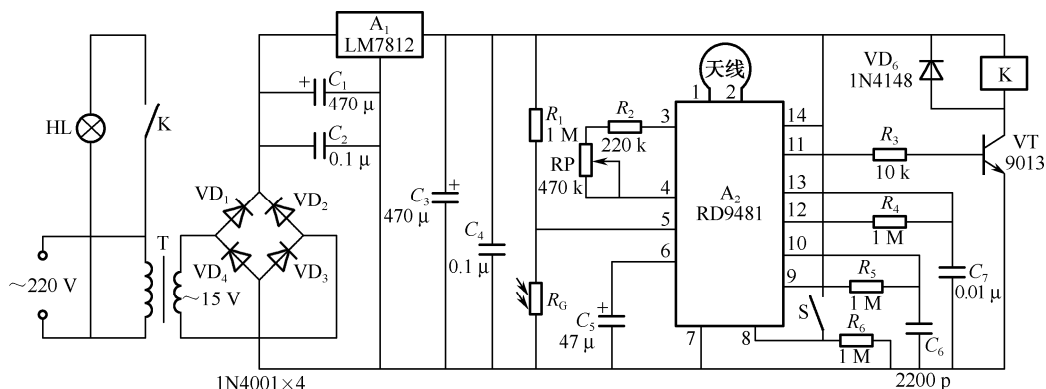


图 4-11 微波传感照明灯电路

白天时, 光敏电阻器 R_G 呈现低电阻, 它与电阻器 R_1 分压, 使微波探测模块 A_2 的触发控制端 5 脚电平 V_c 小于模块启动阈值 V_E ($V_E=0.2\text{ V}$), 因此禁止 RD9481 在白天工作。

夜晚时, 光敏电阻器 R_G 呈高电阻, 微波探测模块 A_1 的 5 脚电平 V_c 大于启动阈值 V_E , 电路进入工作状态。此时只要有人进入天线的探测范围, 模块 A_2 输出端 11 脚就输出高电平, 经电阻器 R_3 使 VT 导通, 继电器 K 吸合, 其动合触点 K 闭合, 照明灯 HL 点亮。

电阻器 R_5 、电容器 C_6 组成的延时电路, 其输出延迟时间 $T_A=5R_5C_6$, 即电路被触发、模块 A_2 的 11 脚输出高电平的持续时间。S 为工作方式选择开关, 当开关 S 打开时, 在延迟时间 T_A 内, 任何输入信号变化均无效, 直至 T_A 时间结束。开关 S 闭合则为可重复触发工作模式, 使 11 脚保持为高电平, 直至最后一次触发延迟过后才结束。

另外, 当微波探测模块的输出端 6 脚由高电平跳回低电平时, 电路就进入封锁时间 $T_B=24R_4C_7$, 在封锁时间内, 任何输入信号都不能使输出端 11 脚输出高电平, 直至封锁时间过后。设置这一功能可有效抑制负载切换过程中产生的各种干扰, 提高电路的工作可靠性。

电位器 RP 为电路增益调节电位器, 可改变微波探测距离。

2. 红外自动照明灯控制电路

红外自动照明灯控制电路由电源电路、红外发射电路、红外接收处理电路和延时控制电路组成, 如图 4-12 所示。

其中, 电源电路由电源变压器 T、整流桥堆 UR (1A/50V)、滤波电容器 C_6 、 C_8 、 C_9 、晶体三极管 VT_3 (S8050)、稳压二极管 VS (IN4742) 和电阻器 R_{10} 组成; 红外接收电路由一体化红外接收头 IC_1 、电容器 C_1 、 C_4 、 C_5 、二极管 $VD_4\sim VD_5$ (IN4148)、电阻器 R_3 和六

施密特反相器集成电路 IC₂ (CD40106) 内部的 D₂ 组成; 延时控制电路由 IC₂ 内部的 D₄~D₆, 二极管 VD₆ (IN4148), VD₇ (IN4001), 晶体三极管 VT₅ (S8550), 电阻器 R₉、R₁₁、R₁₂, 电容器 C₇、C₁₀ 和继电器 K 组成; 红外发射电路由红外发射二极管 VL (SE303A), 晶体三极管 VT₁ (S9013)、VT₂ (S8550), IC₂ 内部的 D₁、D₃, 电阻器 R₁、R₂、R₄、R₅、R₆、R₈, 电容器 C₂、C₃ 和二极管 VD₁~VD₃ (IN4148) 组成。D₁、R₁、R₂、C₂ 和 VD₁~VD₃ 组成低频振荡器; D₃、R₄ 和 C₃ 组成 40 kHz 载频振荡器。交流 220 V 电压经变压器 T 降压、整流桥堆 UR 整流、电容器 C₉ 滤波及晶体三极管 VT₃、稳压二极管 VS 等稳压调整后, 为红外接收电路、红外发射电路和延时控制电路提供+12 V 工作电源。

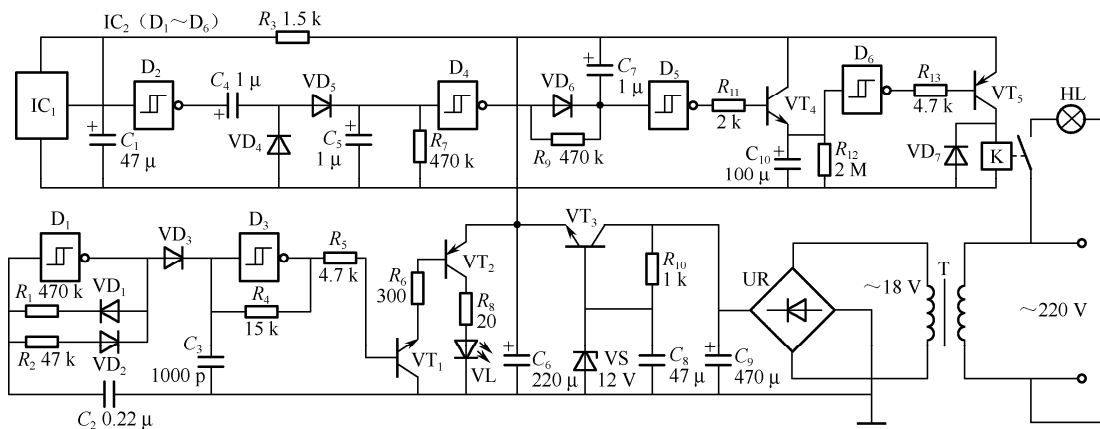


图 4-12 红外照明灯电路

低频振荡器产生的低频振荡信号对 40 kHz 载频振荡器进行调制。调制后的载频信号经晶体三极管 VT₁、VT₂ 放大后, 通过红外发射二极管 VL 向外发射红外光信号。

平时, D₅ 输出低电平, VT₄ 和 VT₅ 均处于截止状态, 照明灯 HL 不亮。当有人靠近 VL 时, VL 发射的红外光信号经人体反射回来, 由一体化红外线接收头接收并进行放大、解调后还原出低频波, 该低频波信号经 D₂ 缓冲整形及 VD₄、VD₅ 检测后变成直流分量, 再经 D₄ 反相、R₉ 和 C₇ 延时、D₅ 反相驱动后, 使 VT₄ 导通, C₁₀ 开始快速充电。当 C₁₀ 两端电压超过 D₆ 的阈值电压时, D₆ 输出低电平, 使 VT₅ 导通, K 通电吸合, 其动合触点接通, HL 通电点亮。随后 C₁₀ 通过 R₁₂ 放电, 当 C₁₀ 两端电压低于 D₆ 的阈值电压时, D₆ 输出高电平, 使 VT₅ 截止, K 释放, HL 熄灭。

3. 热释电红外感应照明灯自动控制电路

图 4-13 是一个性能良好的热释电红外感应照明灯自动控制电路, 它由电源电路、光控电路、热释电红外探测控制电路和单稳态控制电路组成。

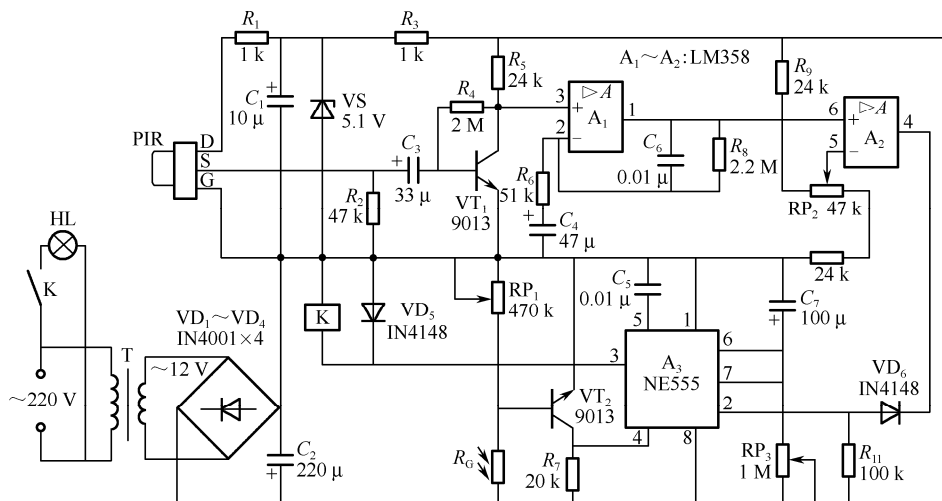


图 4-13 热释电红外感应照明灯电路

其中,电源电路由变压器 T,整流二极管 $VD_1 \sim VD_4$ (IN4001),稳压二极管 VS (IN4733),滤波电容器 C_1 、 C_2 组成;光控电路由光敏电阻器 R_G 、电位器 RP_1 、晶体三极管 VT_2 (S9013) 组成;热释电红外探测控制电路由热释电红外探测传感器 PIR (P228),红外传感信号处理集成电路 A_1 、 A_2 (LM358) 及相关电路组成;单稳态控制电路由 A_3 (NE555),电容器 C_5 、 C_7 ,电位器 RP_3 ,电阻器 R_{11} ,二极管 VD_6 组成。交流 220 V 电压经变压器 T 降压, $VD_1 \sim VD_4$ 整流, VS 稳压及 C_2 、 C_1 滤波后,产生 +5.1 V 电压,供给 PIR、 $A_1 \sim A_3$ 控制电路。

LM358 中一个运算放大器 A_2 构成电压比较器,平时通过调节电位器 RP_2 使反相输入端 6 脚电位低于同相输入端 5 脚电位,所以 7 脚输出高电平, VD_6 截止, NE555 时基电路 A_3 组成的单稳态触发器处于稳态, 3 脚输出低电平,继电器 K 不动作,照明灯 HL 不亮。

若有人在热释电红外传感器 PIR 前方运动, PIR 的 S 端输出微弱的超低频交流信号,经 C_3 加到三极管 VT_1 ,再由 LM358 中另一个运算放大器 A_1 等组成的两级高增益前置放大器进行放大,可使信号增益达到 72 dB 左右。这时电压比较器 A_2 的反相输入端 6 脚电位高于同相输入端 5 脚电位,所以 7 脚输出低电平, VD_6 导通,使 A_3 单稳态触发器翻转置位进入暂态, 3 脚输出高电平, K 得电吸合,其动合触点 K 闭合,照明灯 HL 通电发光。 A_3 的暂态时间由 RP_3 、 C_7 的参数决定,调节 RP_3 可以改变照明灯 HL 点亮的持续时间。暂态过后, A_3 恢复稳态, 3 脚输出低电平, K 释放,电灯熄灭。调节 RP_2 可改变电路对人体活动的感应灵敏度。PIR 可采用 P228 型等热释电红外传感器,当其加装合适的菲涅耳透镜后,可以大幅度地提高感应灵敏度,即增大电路的探测距离。



调节 RP_1 可使电路有合适的光控灵敏度。白天, 光敏电阻器 R_G 呈现低电阻, VT_2 导通, 故将 A_3 的第 4 脚接地, 使 A_3 强制复位, 3 脚恒为低电平, 所以白天电路封锁, 电灯不会点亮。只有到了傍晚, 光敏电阻器 R_G 呈高电阻, VT_2 截止, A_3 的第 4 脚为高电平, 才解除对电路的封锁。在安装时, 光敏电阻器 R_G 应放置在照明灯 HL 灯罩的上方, 使其只感受室内自然光线, 而不被照明灯 HL 自射光线照到, 否则, 照明灯 HL 一亮, 会造成光反馈, 使电路不能正常工作。

第二节 延时照明灯控制线路

一、按钮控制式延时照明灯应用电路

按钮控制式延时照明灯电路由电源电路、双稳态触发器、电子开关控制电路组成, 如图 4-14 所示。

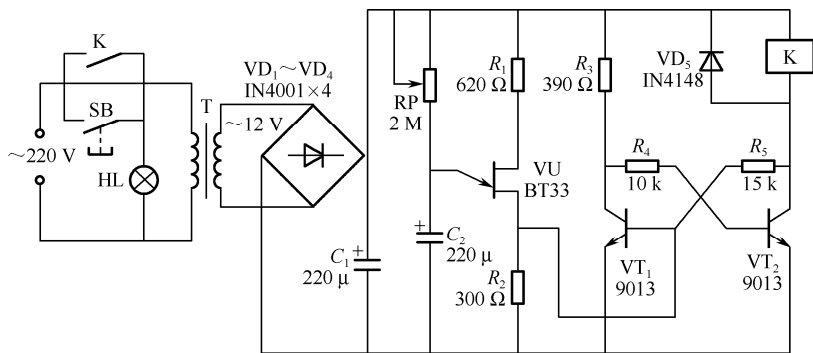


图 4-14 按钮控制式延时照明灯应用电路

其中, 电源电路由变压器 T、整流二极管 $VD_1 \sim VD_4$ (IN4001)、滤波电容器 C_1 组成; 双稳态触发器由晶体三极管 VT_1 (S9013)、 VT_2 (S9013), 电阻器 $R_3 \sim R_5$, 二极管 VD_5 (IN4148), 继电器 K 组成; 电子开关电路由电阻器 R_1 、 R_2 , 电位器 RP , 单结晶体管 VU (BT33), 电容器 C_2 组成。

开灯时, 只要按一下按钮 SB, 照明灯 HL 点亮。同时 220 V 交流电经变压器 T 降压、二极管 $VD_1 \sim VD_4$ 构成的桥式整流, 在电容器 C_1 两端可获得 +12 V 左右的直流电压。晶体三极管 VT_1 、 VT_2 接成一个不对称的双稳态触发器, 因电阻器 R_3 与继电器 K 线包电阻基本相等, 但 $R_4 < R_5$, 所以晶体三极管 VT_2 导通, VT_1 截止, 继电器 K 得电吸合, 其动合触点 K 闭合, 使电路自锁, 所以照明灯 HL 继续通电发光。然后, +12 V 直流电通过电位器 RP 向电容器 C_2 充电, 使 C_2 两端电压不断升高, 当升至 VU 的导通峰点电压时, VU 导通, 即



向 VT_1 的基极输入一正向脉冲, 迫使 VT_1 导通、 VT_2 截止, 即双稳态触发器翻转, K 释放, 其动合触点 K 跳开, 照明灯 HL 熄灭。

调节电位器 RP 的阻值, 可以获得所需的延迟时间。

二、开关控制式延时照明灯应用电路

开关控制式延时照明灯应用电路能在关闭照明灯开关后, 使照明灯延迟一定时间后再熄灭, 可用于卧室、书房、门厅等场合。

开关控制式延时照明灯应用电路由电源电路、开关控制电路和延时控制电路组成, 如图 4-15 所示。

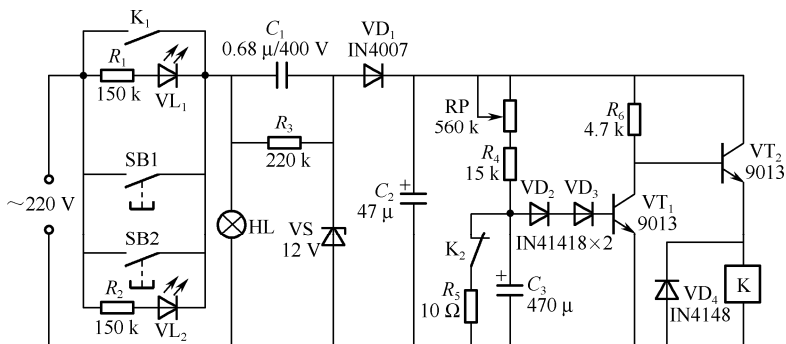


图 4-15 开关控制式延时照明灯应用电路

其中电源电路由降压电容器 C_1 、电阻器 R_3 、稳压二极管 VS (IN4742)、整流二极管 VD_1 (IN4007)、滤波电容器 C_2 组成; 开关控制电路由开关 SB_1 、 SB_2 , 限流电阻器 R_1 、 R_2 , 开关指示灯 VL_1 、 VL_2 组成; 延时控制电路由电阻器 $R_4 \sim R_6$, 电位器 RP , 电容器 C_3 , 整流二极管 $VD_2 \sim VD_4$ (IN4148), 晶体三极管 VT_1 (S9013)、 VT_2 (S9013) 和继电器 K 组成。

控制开关 SB_1 、 SB_2 均为开灯按钮, 可安装在两个不同的地方, 均可对照明灯 HL 进行操作。发光二极管 VL_1 、 VL_2 应安装在 SB_1 与 SB_2 处, 以在夜间指示开关位置, 方便使用。

需要开灯时, 只要按下按钮 SB_1 、 SB_2 中任意一个, 照明灯 HL 就点亮发光, VL_1 、 VL_2 熄灭。与此同时, 照明灯 HL 两端的交流电压经电容器 C_1 、 C_2 , 稳压二极管 VS , 二极管 VD_1 等组成的简单的电容降压整流稳压线路, 在电容器 C_2 两端输出约 +12 V 稳定的直流电压。由于电阻器 R_5 阻值远小于 RP 与 R_4 的阻值之和, 晶体三极管 VT_1 截止, VT_2 导通, 故继电器 K 吸合, 动合触点 K_1 闭合, 使电路自锁。同时, 动断触点 K_2 跳开, 由于电容器 C_3 两端电压不能突变, 晶体三极管 VT_1 仍保持截止状态, 所以照明灯 HL 可继续发光。然后, 12 V 直流电经 RP 、 R_4 向 C_3 充电, 使 C_3 两端电压不断升高, 当升至 1.95 V ($3 \times 0.65 = 1.95$) 时, VD_2 、 VD_3 与 VT_1 均导通, 晶体三极管 VT_2 截止, 继电器 K 失电释放, 其触点 K_1 、 K_2



复位, 照明灯 HL 熄灭, 同时 VL₁、VL₂ 又发光指示开关位置。

调节微调电位器 RP 可以改变灯亮的延迟时间。继电器 K 可采用 JRX-13F、DC12V 等小型电磁继电器, 它有两组转换触点, 可满足本电路使用要求。

三、触摸式延时照明灯应用电路

图 4-16 是采用 NE555 时基电路组成的触摸式延时照明灯应用电路, 延迟时间连续可调, 到达延时时间, 照明灯会自行熄灭。在规定的延迟时间内, 还可以通过触摸方式实现提前关灯操作, 本电路非常适宜台灯延时控制。

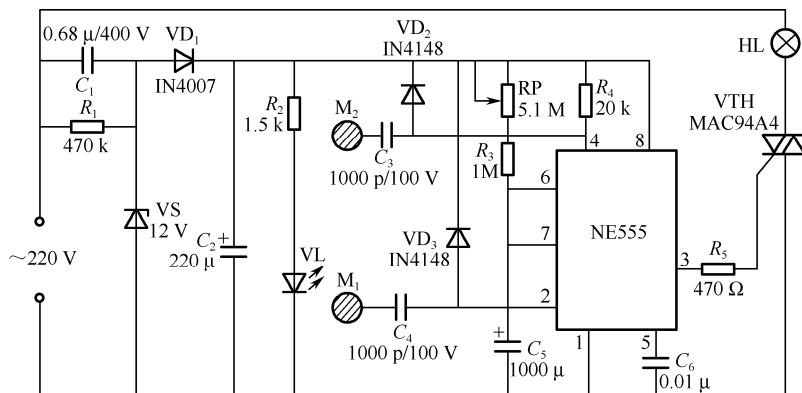


图 4-16 触摸式延时照明灯应用电路

该电路由电源电路、触摸控制电路、电源指示电路和单稳态触发器组成。其中, 电源电路由降压电容器 C_1 、滤波电容器 C_2 、电阻器 R_1 、稳压二极管 VS (IN4742)、整流二极管 VD_1 (IN4007) 组成; 触摸控制电路由触摸金属片 M_1 、 M_2 , 整流二极管 VD_2 、 VD_3 , 耦合电容器 C_3 、 C_4 组成; 电源指示电路由电阻器 R_2 、发光二极管 VL 组成; 单稳态触发器由 IC 芯片 NE555, 电阻器 $R_3 \sim R_5$, 电位器 RP, 电容器 C_5 、 C_6 , 晶闸管 VTH (MAC94A4) 组成。交流 220V 电压经电容器 C_1 降压、稳压二极管 VS 稳压、二极管 VD_1 整流及电容器 C_2 滤波, 产生 +12V 电压供给指示灯电路和单稳态触发器。

NE555 时基电路与电位器 RP、电阻器 R_3 、电容器 C_5 等组成典型的单稳态触发器, 平时电路处于稳定状态, 3 脚输出低电平, 晶闸管 VTH 关断, 照明灯 HL 不亮。

需要开灯时, 只要摸一下“开”电极片 M_1 , 人体感应的杂波信号经电容器 C_4 耦合, 二极管 VD_3 整流, 在时基电路的 2 脚可获得一连串负脉冲信号。NE555 即置位进入暂态, 3 脚输出高电平, 晶闸管 VTH 可通过 R_5 获得正向触发电流而开通, 照明灯 HL 通电发光。此时 +12V 电源将通过电位器 RP、电阻器 R_3 向电容器 C_5 充电。当经 $T=1.1(RP+R_3)C_5$



时, 暂态结束, 电路返回稳态, 3 脚恢复低电平, VTH 将失去触发电流。当交流电过零时即关断, 电灯熄灭, 所以调节电位器 RP 可以改变电路的延时时间。如果延迟时间未到, 想要关灯, 只要摸一下“关”电极片 M₂, 人体感应的杂波信号经电容器 C₃ 耦合, 二极管 VD₂ 整流, 时基电路的强制复位端 4 脚随即获得负脉冲信号, 使电路强制复位。复位后 3 脚与 7 脚跳变为低电平, 晶闸管 VTH 关断, 照明灯 HL 熄灭。同时, 电容器 C₅ 储存的电荷通过 7 脚快速泄放, 可为下次开灯做延时准备。

四、感应式延时照明灯应用电路

感应式延时照明灯应用电路采用非接触式控制, 在有人靠近时即可点亮照明灯, 延时点亮一段时间后自动熄灭, 可用于楼道、走廊、庭院、卫生间等场合。

感应式延时照明灯应用电路由电源电路、光控电路、感应控制电路、控制执行电路组成, 如图 4-17 所示。

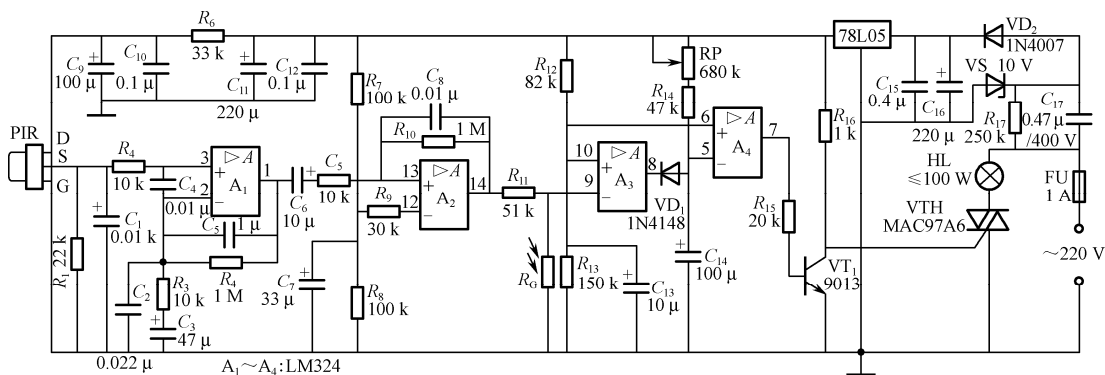


图 4-17 感应式延时照明灯应用电路

其中, 电源电路由降压电容器 C₁₇, 电阻器 R₁₇, 稳压二极管 VS (IN4740), 整流二极管 VD₂ (IN4007), 三端稳压芯片 (78L05) 及滤波电容器 C₁₅、C₁₆ 组成; 光控电路由光敏电阻器 R_G 和 LM324 中的一个运算放大器 A₃ 组成; 感应控制电路由感应传感器 PIR, LM324 中的运算放大器 A₁、A₂ 及相关元件组成; 控制执行电路由运算放大器 A₄、晶体管 VT₁ (S9013)、晶闸管 VTH (MAC97A6) 等组成。交流 220 V 电压经电容器 C₁₇ 降压、稳压二极管 VS 稳压, 产生 +10 V 电压供给三端稳压器; 后经三端稳压输出 +5 V 电压, 供给由 LM324 构成的控制电路。

PIR 是热释电红外传感器, 它能探测出移动人体散发出的 7~14 μm 远红外线, 并将其转换为微弱的电信号送至运算放大器 LM324 内部的 A₁, 进行放大等处理。光敏电阻器 R_G 与 A₃ 等构成光控电路, 白天, 光敏电阻器 R_G 受光照射呈现低电阻, 使 LM324 的 9 脚为低



电平, 8 脚为高电平, 二极管 VD_1 截止, 所以 A_4 的 7 脚恒为高电平, 晶体三极管 VT_1 导通, 晶闸管 VTH 关断, 照明灯 HL 不亮。

晚上, 光敏电阻器 R_G 阻值增大, 9 脚电平升高。若感应传感器 PIR 前方有人体活动, 则 8 脚为低电平, 二极管 VD_1 导通, C_{14} 经 VD_1 放电, 7 脚输出低电平, VT_1 截止, 晶闸管 VTH 可通过 R_{16} 获得触发电流开通, 照明灯 HL 点亮发光。人走后, A_2 的 14 脚无信号输出, 9 脚恢复低电平, 8 脚输出高电平, 二极管 VD_1 截止, 此时电源经电位器 RP 、电阻器 R_{14} 向电容器 C_{14} 充电, 故 7 脚仍能维持低电平不变, 电灯依然点亮。当电容器 C_{14} 电荷充满后, 7 脚恢复高电平, 晶体三极管 VT_1 导通, 晶闸管 VTH 因失去触发电流, 在交流电过零时即关断, 照明灯 HL 熄灭。

五、光控延时照明灯应用电路

一般来说, 光控延时照明灯应用电路是指在晚上关灯休息或外出时, 照明灯能自动点亮一段时间, 从而避免摸黑上床或锁门外出时所带来的不便。

该光控延迟照明灯电路由电源电路、光控电路和延时电路组成, 如图 4-18 所示。

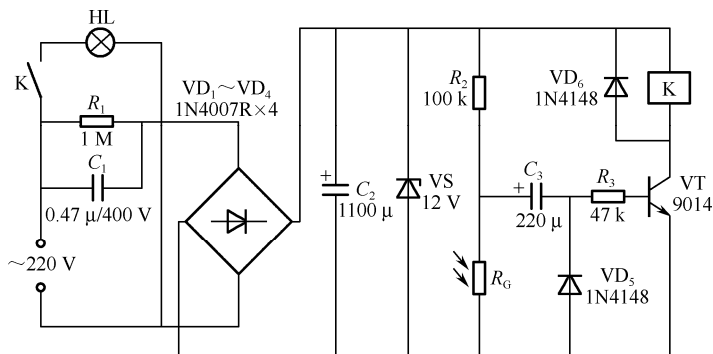


图 4-18 光控延时照明灯应用电路

其中, 电源电路由降压电容器 C_1 、电阻器 R_1 、整流二极管 $VD_1 \sim VD_4$ (IN4007)、稳压二极管 VS (IN4742)、滤波电容器 C_2 组成; 光控电路由光敏电阻器 R_G 、电阻器 R_2 组成; 延时控制电路由延时电容器 C_3 、整流二极管 VD_5 、 VD_6 , 电阻器 R_3 , 晶体三极管 VT (S9014), 继电器 K 组成。交流 220 V 电压经电容器 C_1 降压、二极管 $VD_1 \sim VD_4$ 整流、稳压二极管 VS 稳压、电容器 C_2 滤波, 输出约 +12 V 直流电压供电路用电。

当室内光线较强时, 光敏电阻器 R_G 呈现低电阻, 电容器 C_3 储存的电荷通过光敏电阻器 R_G 、二极管 VD_5 泄放, 晶体三极管 VT 因得不到基极偏流而截止, 继电器 K 不动作, 照明灯 HL 不亮。当关掉室内电灯时, 光线即变暗, 光敏电阻器 R_G 立即呈现高电阻, 电容器



C_3 即开始通过电阻器 R_2 、 R_3 及晶体三极管 VT 发射结充电, 晶体三极管 VT 因此获得基极偏流而导通。继电器 K 吸合, 其动合触点 K 闭合, 照明灯 HL 就通电发光。数十秒后, 电容器 C_3 电荷基本被充满, 充电电流也逐渐减小到零, 继电器 K 失电释放, 照明灯 HL 即熄灭。当第二次开灯或早晨天明时, 光敏电阻器 R_G 恢复低电平, 电容器 C_3 可通过光敏电阻器 R_G 、二极管 VD_5 放电, 电路恢复到原始状态。

电容器 C_1 用 CBB-400V 聚丙烯电容器, 光敏电阻器 R_G 用 MG45 型光敏电阻器, 要求高阻与暗阻相差倍数越大越好。继电器 K 可用 JZC-22F、DC12V 小型中功率电磁继电器。

六、光控、触摸控制式延时照明灯应用电路

光控、触摸控制式延时照明灯在白天不工作, 夜晚用手碰触门锁或金属门把手时会自动点亮, 延迟点亮一段时间后, 又能自动熄灭。电路具有结构简单、成本低、平时不耗电等特点, 可用于家庭或楼道等公共场合。

光控、触摸控制式延时照明灯电路由电源电路、光控电路、触摸控制电路和延时控制电路组成, 如图 4-19 所示。

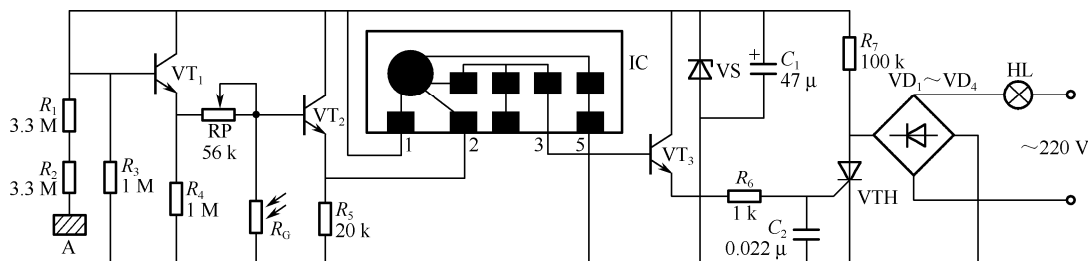


图 4-19 光控、触摸控制式延时照明灯应用电路

电路中, 电源电路由照明灯 HL、整流二极管 $VD_1 \sim VD_4$ (IN4007)、限流电阻器 R_7 、稳压二极管 VS (IN5225) 和滤波电容器 C_1 组成; 触摸控制电路由电阻器 $R_1 \sim R_4$ 和晶体三极管 VT_1 (S9014) 组成; 光控电路由可变电阻器 RP、光敏电阻器 R_G 、电阻器 R_5 和晶体三极管 VT_2 (S9014) 组成; 延时控制电路由音乐集成电路 IC (KD9300)、晶体三极管 VT_3 (S9013)、电阻器 R_6 、电容器 C_2 和晶闸管 VTH (2P4M) 组成。交流 220 V 电压经照明灯 HL 限流降压、二极管 $VD_1 \sim VD_4$ 整流、电阻器 R_7 降压、稳压二极管 VS 稳压及电容器 C_1 滤波后, 为触摸控制电路、光控电路和延时控制电路提供 +3 V 直流电压。

白天, 光敏电阻器 R_G 受光照射而呈现低阻状态, 晶体三极管 VT_2 处于截止状态, 触摸控制电路不起作用, 集成电路 IC 不工作, 晶体三极管 VT_3 和晶闸管 VTH 不导通, 照明灯 HL 不亮。

夜晚, 光敏电阻器 R_G 无光照而阻值增大, 当用金属钥匙开门或手触碰门把手时, 人体



感应的杂波信号使晶体三极管 VT_1 和 VT_2 导通, 集成电路 IC 受触发而工作, 其输出的音效电信号经晶体三极管 VT_3 放大及电阻器 R_6 、电容器 C_2 平滑处理后, 使晶闸管 VTH 受触发而导通, 照明灯 HL 点亮。约 20 s 后, 集成电路 IC 乐曲奏完, 晶体三极管 VT_3 截止, 晶闸管 VTH 在交流电过零时截止, 照明灯 HL 熄灭。

调整电位器 RP 的阻值, 可改变光控的灵敏度。

七、声、光双控延时照明灯应用电路

声、光双控延时照明灯电路, 在白天不工作, 在夜晚有突发声响 (例如脚步声、击掌声或咳嗽声) 时, 能使照明灯自动点亮, 延迟几分钟后又能自动熄灭。节能实用, 可用于楼道、走廊或农村庭院等处作为夜间照明。

声、光双控延时照明灯电路由电源电路、声控电路、光控电路和延时开关控制电路组成, 如图 4-20 所示。

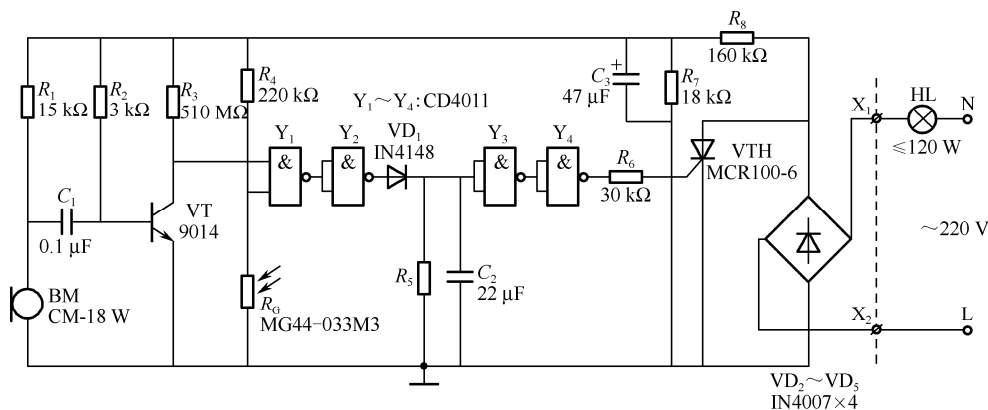


图 4-20 声、光双控延时照明灯应用电路

其中, 电源电路由整流二极管 $VD_2 \sim VD_5$ (IN4007), 电阻器 R_7 、 R_8 和滤波电容器 C_3 组成; 声控电路由话筒 BM (CM-18W)、电阻器 $R_1 \sim R_3$ 、电容器 C_1 、晶体三极管 VT (S9014) 组成; 光控电路由光敏电阻器 R_G , 电阻器 R_4 , 集成芯片 IC (CD4011) 中的与非门 Y_1 、 Y_2 , 二极管 VD_1 (IN4148) 组成; 延时开关控制电路由延时电容器 C_2 , 电阻器 R_5 、 R_6 , 与非门 Y_3 、 Y_4 和晶闸管 VTH (MCR100-6) 组成。交流 220 V 电压经二极管 $VD_2 \sim VD_5$ 整流、电阻器 R_7 、 R_8 和电容器 C_3 降压滤波, 输出约 10 V 直流电压供控制电路用电。

接通 220 V 电源, 控制电路处于等待状态, 与非门 Y_1 的两个输入端电压中至少有一个低于其阈值电平 (约 $1/2V_{DD}$), 与非门 Y_1 和 Y_4 均输出低电平, 晶闸管 VTH 因无触发信号而阻断, 被控照明灯 HL 不亮。当夜晚话筒 BM 接收到附近人走路的声音或说话声时,



晶体三极管 VT 输出放大后的音频信号, 其正脉冲电压 (大于 $1/2V_{DD}$) 经与非门 Y_1 、 Y_2 整形后, 使与非门 Y_2 输出高电平。该高电平一面通过二极管 VD_1 向电容器 C_2 充电, 一面通过与非门 Y_3 整形后控制非门 Y_4 输出高电平, 使 VS 导通, 照明灯 HL 通电自动发光。声响过后, 电容器 C_2 通过电阻器 R_5 缓慢放电, 维持与非门 Y_4 继续输出高电平, 使照明灯 HL 延时点亮约 1 min。随后, 电容器 C_2 两端电压下降至 $1/2V_{DD}$ 以下, 控制电路恢复守候状态, 照明灯 HL 自动熄灭。如果是白天, 由于光敏电阻器 R_G 受光照呈现低阻值, 与光敏电阻器 R_G 相接的与非门 Y_1 输入端为低电平, 与非门 Y_1 被“封锁”, 声音信号无法加到后面的延时电路, 因此晶闸管 VTH 始终保持关断状态, 照明灯 HL 不亮。

八、声、光、触摸三控延时照明灯应用电路

将该装置安装在楼道、走廊或卫生间等场所, 在夜间, 有人走动或发声时, 灯会自动点亮延时数秒后自动熄灭。在白天, 若触摸电极片, 则照明灯会受触发而点亮, 方便实用。

声、光、触摸三控延时照明灯电路由电源电路、声控电路、光控电路、触摸控制电路、延时电路、继电器驱动电路等组成, 如图 4-21 所示。

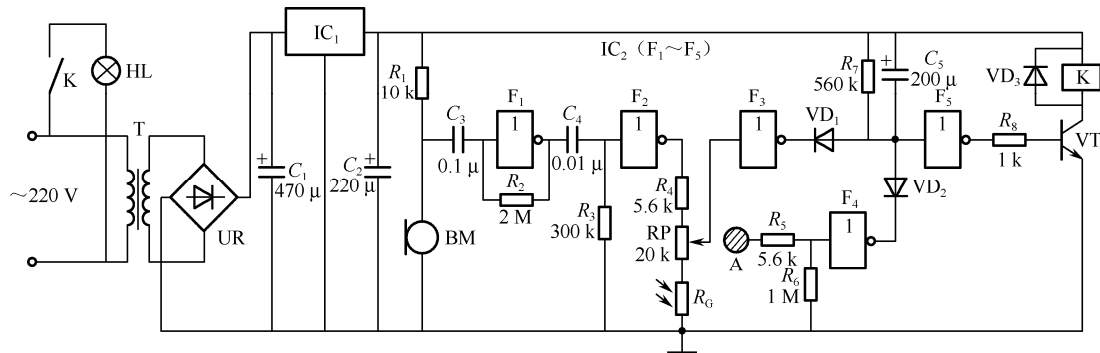


图 4-21 声、光、触摸三控延时照明灯应用电路

电路中, 电源电路由电源变压器 T, 整流桥堆 UR (IN4007×4), 三端集成稳压器 IC_1 (LM7805) 及滤波电容器 C_1 、 C_2 等组成。照明灯 HL 与继电器的常开触点 K 串联后, 并接在电源变压器的一次绕组两端; 声控电路由传声器 BM, 数字集成电路 IC_2 (CD4069) 内部的非门电路 F_1 、 F_2 及电阻器 $R_1 \sim R_4$, 电容器 C_3 、 C_4 等组成; 光控电路由光敏电阻器 R_G 、电位器 RP、电阻器 R_4 、 IC_2 内部的非门电路 F_3 、二极管 VD_1 (IN4148) 等组成; 触摸控制电路由电极片 A, 电阻器 R_5 、 R_6 , 集成电路 IC_2 内部的非门电路 F_4 , 二极管 VD_2 (IN4148) 等组成; 延时电路由电阻器 R_7 、电容器 C_5 、 IC_2 内部的非门电路 F_5 等组成; 继电器驱动电



路由继电器 K、二极管 VD_3 、晶体三极管 VT (S9013) 及电阻器 R_8 等组成。交流 220 V 电压经电源变压器 T 降压、整流桥堆 UR 整流、电容器 C_1 滤波及三端集成稳压器 IC_1 稳压后, 在电容器 C_2 两端产生 +5 V 电压, 供给继电器和整个控制电路。

接通电源后, 整个控制电路工作在等待状态, 非门电路 F_5 输出低电平 (0 V), 使晶体三极管 VT 截止, 继电器 K 的动合触点不吸合, 照明灯 HL 不亮。

当有人走近该自动灯或有声响发出时, 传声器 BM 将声音信号转换成电信号, 此电信号经非门电路 F_1 构成的交流线性放大器放大, 经非门电路 F_2 反相后输出高电平, 使非门电路 F_3 的输出端变为低电平, 二极管 VD_1 导通, 非门电路 F_5 的输出端变为高电平, 使晶体三极管 VT 饱和导通, 继电器 K 的动合触点闭合, 照明灯 HL 发光。

在白天, 即使有脚步声或其他声响, 也不会有高电平加入非门电路 F_3 的输入端, 因为光敏电阻器 R_G 受光照而阻值变小, 非门电路 F_3 的输入端始终为低电平, 输出端也保持高电平, 二极管 VD_1 和晶体三极管 VT 均处于截止状态, 照明灯 HL 不亮。

夜晚, 光敏电阻器 R_G 因无光照射而阻值变大, 此时若传声器 BM 拾取到声音信号, 则会有高电平加至非门电路 F_3 的输入端, 使二极管 VD_3 和晶体三极管 VT 导通, 继电器的动合触点闭合, 照明灯 HL 点亮。

不管白天和夜间, 只要用手触摸电极片 A 后, 人体感应信号将使非门电路 F_4 的输入端变为高电平, 输出端变为低电平, 并使二极管 VD_2 导通, 非门电路 F_5 的输入端变为低电平, 输出端变为高电平, 晶体三极管 VT 饱和导通, 继电器 K 通电吸合, 照明灯 HL 点亮。

在二极管 VD_1 或 VD_2 导通瞬间, 电容器 C_5 通过 VD_1 或 VD_2 被迅速充电, 非门电路 F_5 的输入端立即变为低电平。当非门电路 F_3 或 F_4 的输出端由低电平变为高电平 (随后又同时变为低电平) 使 VD_1 或 VD_2 截止时, 电容器 C_5 通过电阻器 R_7 缓慢放电, 使非门电路 F_5 的输入端仍维持一定时间的低电平, 照明灯 HL 不会马上熄灭, 直至电容器 C_5 放电结束, F_5 输入端变为高电平, 输出端变为低电平, 晶体三极管 VT 截止, 继电器 K 释放, 照明灯 HL 才熄灭。

在白天, 调节电位器 RP 的电阻值, 使非门电路 F_3 输入端电压低于 $1/3V_{CC}$ (即 1.65 V), 使其驱动端保持高电平, 同时, 还可以调节光控的灵敏度。

电阻器 R_7 、电容器 C_5 为时间常数元件, 改变电阻器 R_7 的电阻值和电容器 C_5 的电容量, 可改变灯亮至灯灭的延迟时间。电阻值、电容量越大, 延时时间越长。调节电阻器 R_2 的电阻值, 可以调节声控的灵敏度。

第三节 调光灯控制线路

调光灯调光的形式有无级调光、触摸调光、遥控调光等。从电路结构上可分为阻



容组合调光电路、晶体管调光电路、场效应管调光电路、集成电路调光电路等。集成电路调光电路除具有调光功能外，还兼有一些其他功能，且电路稳定可靠、外围元件少，现在已有各种型号的调光集成模块。阻容组合调光电路与晶体三极管调光电路、场效应管调光电路相比，电路比较简单，只需几个电子元件就能实现调光功能，已被广泛应用。

一、无级调光灯应用电路

无级调光灯应用电路由照明灯 HL，电位器 RP，电阻器 R_1 、 R_2 ，电容器 C，氖泡 V（NHO-4L）与晶闸管 VTH（TLC221B）组成，如图 4-22 所示。

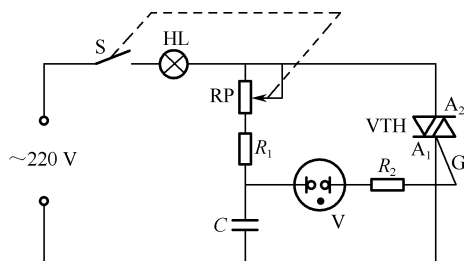


图 4-22 无级调光灯应用电路

闭合开关 S 通电后，在交流电压 220 V 某半个周期内，电源电压经灯泡后直接加到双向晶闸管 VTH 的两个主电极 A_1 与 A_2 之间。起初氖泡 V 没有被点燃启辉，所以没有触发电压加到晶闸管 VTH 的门极 G，晶闸管 VTH 处于关断状态。此时电源电压经电位器 RP 和电阻器 R_1 向电容器 C 充电，使电容器 C 两端电压不断上升，当电压达到氖泡 V 的启辉电压时，氖泡 V 点燃发光，即电容器 C 通过 V、 R_2 向 VTH 的门极放电，双向晶闸管 VTH 被触发导通，照明灯 HL 中就有电流流过。电容器 C 放电后电压即跌落，在此情况下当加到晶闸管 VTH 的两个主电极之间的交流电压过零时，双向晶闸管 VTH 就自动关断，电容器 C 又开始充电。交流电的另半个周期的工作情况与上述类似。

调节电位器 RP 的阻值大小，就改变了电容器 C 的充电速率，因而在任意半个周期里，使 VTH 触发导通时间前移或后退，即改变了晶闸管 VTH 导通角的大小，从而使流过照明灯 HL 的平均电流发生变化，即照明灯 HL 两端平均电压也随之变化，最终能达到调光的目的。

电阻器 R_2 的作用是使触发电流不致过大，以保护晶闸管 VTH。氖泡 V 在这里既起触发作用，又能发出微弱的红光，能起电源指示作用。



二、触摸式调光灯应用电路

图 4-23 是采用 BA2181 调光专用集成电路制作的触摸式步进调光灯,它具有功耗低、抗干扰能力强、工作稳定可靠、使用安全等特点。该触摸式步进调光灯由电源电路和触摸调光电路组成。

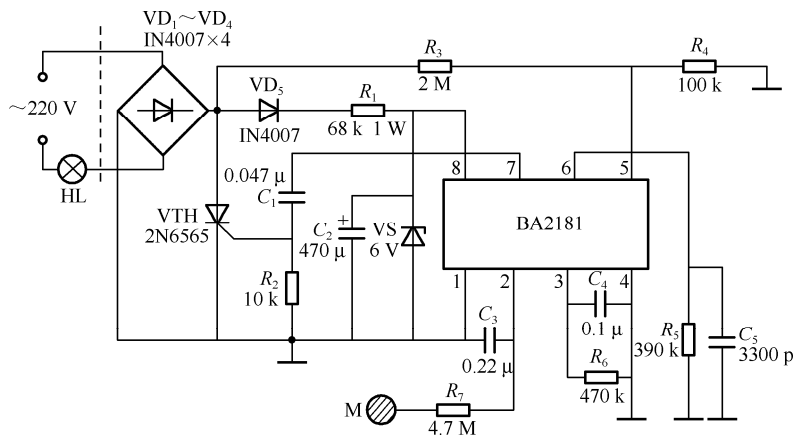


图 4-23 触摸式调光灯应用电路

其中,电源电路由整流二极管 $VD_1 \sim VD_4$ (IN4007)、降压限流电阻器 R_1 、稳压二极管 VS (IN4743) 和滤波电容器 C_2 组成;触摸调光电路由触摸电极片 M,电容器 C_1 、 $C_3 \sim C_5$,集成芯片 BA2181,电阻器 $R_2 \sim R_7$ 和晶闸管 VTH (2N6565) 组成。220 V 交流电经 $VD_1 \sim VD_4$ 组成桥式整流、 R_1 降压限流、VS 稳压与 C_2 滤波,输出约 +6 V 直流电压供集成块用电。

BA2181 集成电路采用 CMOS 工艺制造,标准 DIP-8 封装。各引出脚功能为:引脚 1 为电源负端;引脚 2 为触摸感应输入端;引脚 3 为键控式遥控信号输入端,本电路不用,将它通过阻容元件 R_6 、 C_4 接地;引脚 4 为工作模式选择端,它有两种工作模式可供选择,将其接电源负端时,为四段式分挡调光,若将其接电源正端时,为开/关工作模式。本电路将其接地即电源负端,所以反复触摸电极片 M 时,可进行四挡调光;引脚 5 为交流同步信号输入端,电路中, VD_5 为隔离二极管,以便集成块的 5 脚可通过电阻器 R_3 与 R_4 分压从 VTH 两端获得交流同步信号;引脚 6 为振荡信号输入端,外接振荡电阻与电容;引脚 7 是晶闸管触发信号输出端,7 脚输出触发信号经 C_1 耦合,加至单向晶闸管 VTH 的门极去控制其导通角,进而驱动晶闸管;引脚 8 为电源正端。BA2181 集成电路所使用的电源电压范围为 3~7 V,典型值为 6 V。

使用时,只要反复触摸电极片 M,集成芯片 BA2181 的 7 脚就会输出变化的控制信号,使 VTH 触发导通,照明灯 HL 的亮度将按微亮→较亮→最亮→熄灭→……四挡循环变化,



非常方便。本电路的另一特点是调光器对外只有两根引出线，可以直接取代普通照明开关，即可将普通照明灯改造为四级步进调光灯。

三、无线电遥控调光灯应用电路

无线电遥控调光灯应用电路由电源电路、无线遥控电路和调光控制电路组成，如图 4-24 所示。

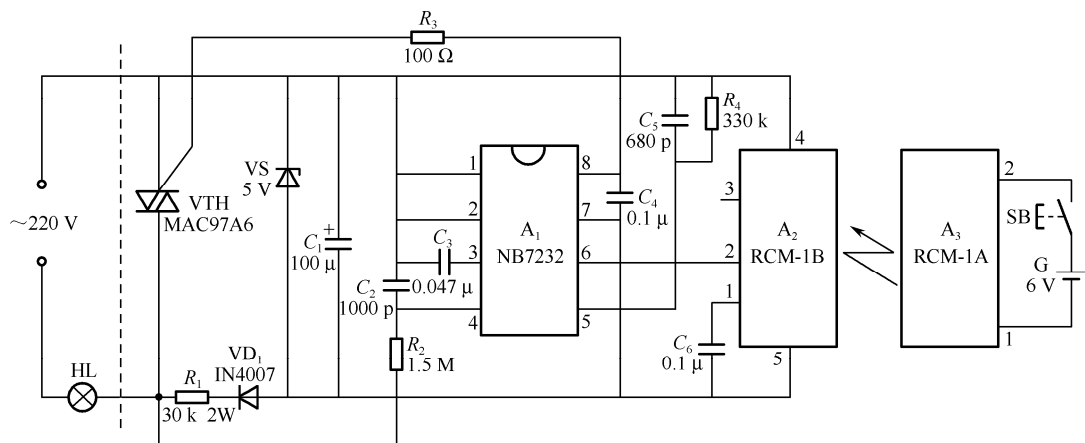


图 4-24 无线电遥控调光灯应用电路

其中，电源电路由降压电阻器 R_1 、整流二极管 VD_1 (IN4007)、稳压二极管 VS (IN4733) 和滤波电容器 C_1 组成；无线遥控电路由无线遥控发射集成电路 A_3 (RCM-1A)、无线遥控接收集成电路 A_2 (RCM-1B)、按钮 SB 、电池 G 和电容器 C_6 组成；调光控制电路由调光集成电路 A_1 (NB7232)、电阻器 $R_2 \sim R_4$ 、电容器 $C_2 \sim C_5$ 和晶闸管 VTH (MAC97A6) 组成。交流 220 V 电压经电阻器 R_1 限流降压、二极管 VD_1 整流、稳压二极管 VS 稳压及电容器 C_1 滤波后，为集成电路 A_1 和 A_2 提供 +5 V 直流工作电源。

当按下发射器的按键 SB 时， A_3 (RCM-1A) 内的发射天线就会向空中辐射频率约为 250~300 MHz 的超高频调制电磁波，在有效距离 (≤ 15 m) 内，电磁波将被集成电路 A_2 (RCM-1B) 内部的天线接收。经模块内部电路解调、放大、检波、延迟和电平转换后，从 2 脚输出高电平脉冲，并直接送入调光集成电路 A_1 的高电平信号控制输入端 6 脚，用于控制输出端 8 脚的触发脉冲信号，进而控制双向晶闸管 VTH 的开断与导通角。当发射器送来的指令信号时间小于 332 ms 时， A_1 处于开关工作状态，即照明灯 HL 处于关时，只要短暂按一下发射开关 SB (按键时间小于 332 ms)，照明灯 HL 即被点亮；再短暂按一下按键 SB ，灯灭。当按键时间长于 332 ms， A_1 处于调光工作状态，即照明灯 HL 由亮变暗，然后又逐



渐由暗变亮循环, 直至按键 SB 松开, 电灯亮度即被固定在松开前的瞬间。灯光亮度循环一次周期为 7.64 s。

集成电路 A₁ 将照明灯 HL 的亮度从最亮到最暗划分成 83 个亮度等级, 在交流电每一周期的特定时刻由 8 脚输出一触发脉冲, 通过 R₃ 去控制 VTH 的导通角 (41° ~ 159°), 基本能实现灯光亮度无级调整。集成电路 A₁ 还具有记忆功能, 它能将关灯前的亮度等级存储在电路中, 并保持到下一次开灯, 因此, 当重新开灯时, 照明灯 HL 能保持原来的亮度。

第四节 彩灯控制线路

一、声控变色彩灯应用电路

声控变色彩灯电路由音频输入放大电路和计数/分配器控制电路组成, 如图 4-25 所示。

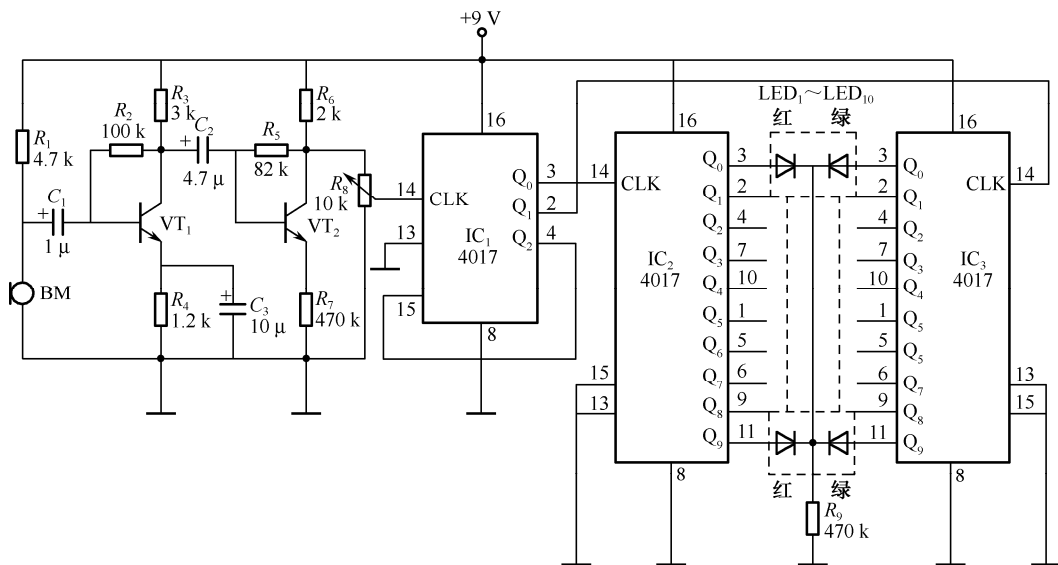


图 4-25 声控变色彩灯应用电路

其中, 音频输入放大电路由传声器 BM, 电阻器 R₁~R₈, 电容器 C₁~C₃ 和晶体三极管 VT₁ (C9014)、VT₂ (C9014) 组成; 计数/分配器控制电路由十进制计数/分配器 IC₁~IC₃ (CD4017) 和三端变色二极管 LED₁~LED₁₀ (ZFE302) 组成。三端变色二极管 LED₁~LED₁₀ 的红色发光管芯的正极对应连接 IC₂ 的 Q₀~Q₉ 各输出端, 各绿色管芯的正极对应连接 IC₃ 的 Q₀~Q₉ 各输出端。

话筒 BM 拾取的音乐信号经三极管 VT₁、VT₂ 两级放大后, 送至计数器 IC₁ 的时钟输入



端 (CLK 端), IC_1 输出信号分配给另两只计数器 IC_2 、 IC_3 。连接在 IC_2 、 IC_3 各计数输出端的 $LED_1 \sim LED_{10}$ 依次点亮, 且一先一后移位跑动变色闪亮发光。

IC_2 、 IC_3 的 $Q_0 \sim Q_9$ 10 个输出端分别连接红、绿色发光管, 为使彩灯阵列得到变色发光效果, 图中各红、绿色发光管使用相应的三端变色 LED, 当 IC_2 、 IC_3 的某对输出端同时输出高电平时, LED 显示橙色, 否则显示红色或绿色。适当调节 R_8 可调整输入到 IC 的时钟电平。

二、声控循环彩灯应用电路

声控循环彩灯电路由电源电路、声控电路和压控循环振荡器控制电路组成, 如图 4-26 所示。

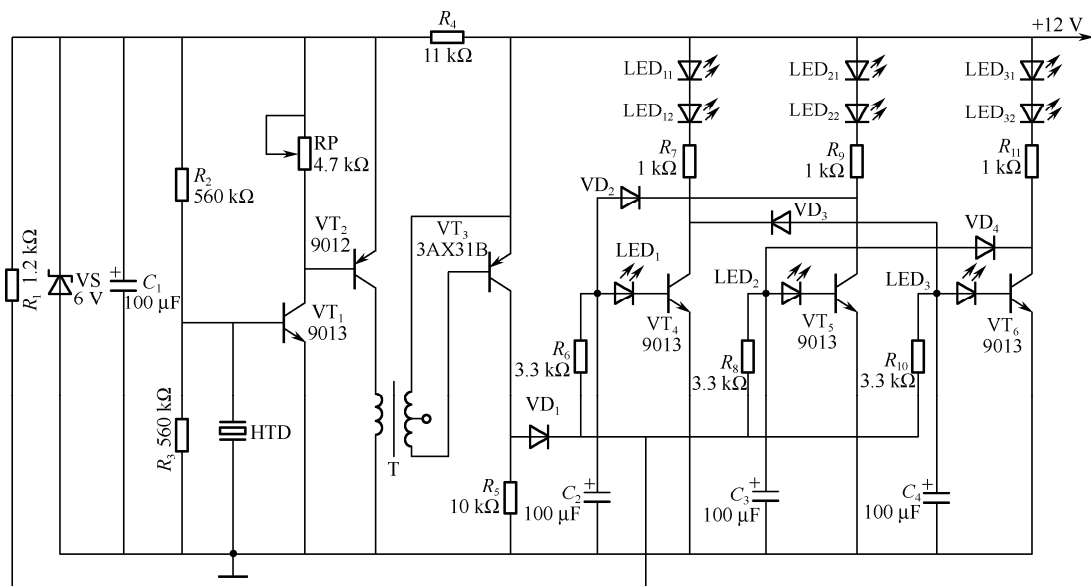


图 4-26 声控循环彩灯应用电路

其中, 电源电路由 12 V 直流电、电阻器 R_4 、稳压二极管 VS (IN4735) 和滤波电容器 C_1 组成; 声控电路由压电陶瓷 HTD、晶体三极管 $VT_1 \sim VT_3$ 、电阻器 $R_2 \sim R_4$ 、电位器 RP 和变压器 T 组成; 压控循环振荡器控制电路由晶体三极管 $VT_4 \sim VT_6$ (S9013), 电阻器 $R_5 \sim R_{11}$, 电容器 $C_2 \sim C_4$, 整流二极管 $VD_1 \sim VD_4$ (IN4148) 和彩灯 LED_{11} 、 LED_{12} 、 LED_{21} 、 LED_{22} 、 LED_{31} 、 LED_{32} 组成。

接通电源后, +12 V 电源电压经电阻器 R_4 、稳压二极管 VS 稳压和电容器 C_1 滤波后, 输出 +6 V 直流电, 由电阻器 R_1 分别经电阻器 R_6 、 R_8 、 R_{10} 向电容器 C_2 、 C_3 、 C_4 充电, 使



LED₁、LED₂、LED₃ 正极端电位分别提高, 所以晶体三极管 VT₄~VT₆ 均有导通趋势。

由于电路元器件不可能绝对均匀一致, 假设晶体三极管 VT₄ 优先导通, 第一组彩灯 LED₁₁、LED₁₂ 发光。此时晶体三极管 VT₄ 集电极为低电平, 二极管 VD₃ 导通, 电容器 C₄ 经二极管 VD₃ 和晶体三极管 VT₄ 放电且无法充电, 所以晶体三极管 VT₆ 截止。但电容器 C₃ 仍可通过 R₈ 充电, 当 C₃ 两端电压充至 1.6 V (LED₂ 正向压降) + 0.65 V (VT₅ 的开门电平) 时, 晶体三极管 VT₅ 导通, 第二组彩灯 LED₂₁、LED₂₂ 发光。此时, 晶体三极管 VT₅ 集电极为低电平, 二极管 VD₂ 导通, 电容器 C₂ 即通过二极管 VD₂ 和 VT₅ 放电, 所以晶体三极管 VT₄ 截止, 第一组彩灯灭。这时晶体三极管 VT₄ 集电极为高电平, 二极管 VD₃ 截止, 所以电容器 C₄ 可通过电阻器 R₁₀ 充电, 当电容器 C₄ 两端电压高于 (1.6+0.65) V 时, 晶体三极管 VT₆ 导通, 第三组彩灯 LED₃₁、LED₃₂ 发光, 且晶体三极管 VT₆ 集电极为低电平, 二极管 VD₄ 导通, 电容器 C₃ 通过二极管 VD₄ 和晶体三极管 VT₆ 放电, 晶体三极管 VT₅ 截止, 第二组彩灯灭。这时晶体三极管 VT₅ 集电极为高电平, 二极管 VD₂ 截止, 电容器 C₂ 又可通过电阻器 R₆ 充电, 周而复始形成振荡。

振荡频率即光点旋转速度, 主要取决于电容器 C₂、C₃、C₄ 和电阻器 R₆、R₈、R₁₀ 的充电时间常数和充电电源的电压高低。压电陶瓷 HTD 接收到的室内声波信号经晶体三极管 VT₁、VT₂ 两级放大后, 再经变压器 T 升压加到晶体三极管 VT₃ 的发射极进行整流, 当信号大于 0.25 V 时, 晶体三极管 VT₃ 导通, 12 V 直流电经晶体三极管 VT₃、VD₁ 加到 R₆、R₈、R₁₀, 使充电电源电压升高, 振荡频率加快, 旋转速度相应加快。晶体三极管 VT₃ 在这里起可变电阻管的作用, 室内音乐声越大, 晶体三极管 VT₃ 等效电阻值越小, 充电电压越高, 旋转速度也就越快。

LED₁~LED₃ 主要用来提高电容器 C₂、C₃、C₄ 的充电电压, 使电容器 C₂、C₃、C₄ 用较小的容量即可获得合适的振荡频率, 如需要增加每组彩灯的发光管个数, 只要适当减少电阻器 R₇、R₉、R₁₁ 的阻值即可, 每组最多可串联五个发光管。

三、声控闪烁彩灯应用电路

图 4-27 所示的电路为一全自动声控频闪灯电路。它可随着音乐中的节拍进行自动跟踪闪光, 具有强烈动感效果。

电路中, 电容器 C₁、C₂, 二极管 VD₁、VD₂, 电阻器 R₁、R₂ 等组成电抗限流器, 晶体三极管 VT、稳压二极管 VS 等组成稳压器 (为减小损耗, 电流设计很小), 电容器 C₈、C₉ 是闪光灯 FT 的储能电容。为保证长时间工作, 采用两个电容并联的方式, 电容器 C₇ 是点火电容, T 是升压触发变压器, 晶闸管 VTH 是闪光控制电子开关, 采用了微分触发的方式。

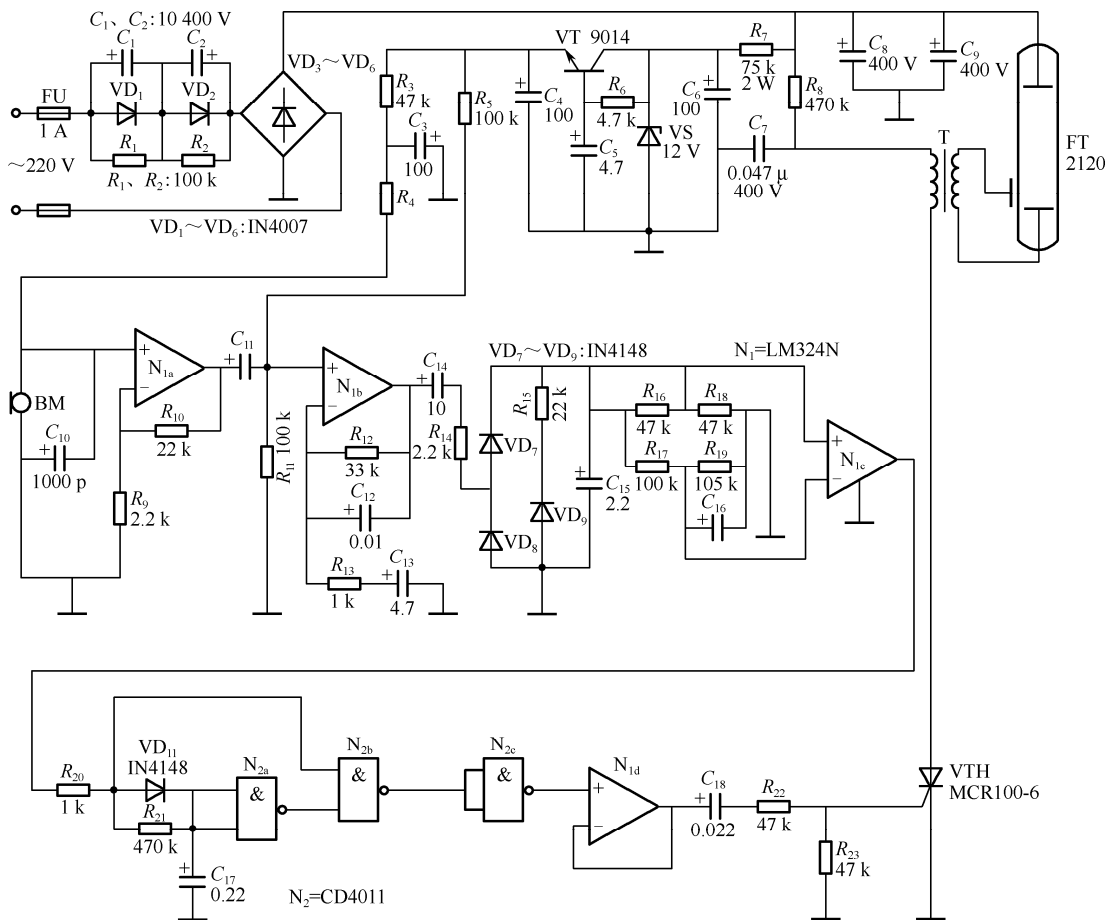


图 4-27 声控闪烁彩灯应用电路

信号处理电路由集成电路 N_1 及外围电路组成,能自动识别音乐信号中的伴奏节拍,并不受其他信号的干扰(非节拍音、唱词等),且能自动适应声场(音量)的大小。 N_{1a} 构成直流放大器,使工作频带尽量低,用于放大 BM 送来的全音乐信号(节拍信号成分大多在中、低频段)。 N_{1b} 构成普通放大器,其增益在高频段按 6 dB/倍频程下降,它决定了整机的灵敏度,即最小起控声压级。 N_{1d} 是触发脉冲缓冲级,集成电路 N_2 中的 $N_{2a} \sim N_{2c}$ 构成触发脉冲整形(单稳态)电路。

二极管 VD_7 、 VD_8 与电容器 C_{15} 构成音频检波器,它输出的是一组脉动信号:既有节拍成分的增量脉冲,又有其他音乐信号较平坦的直流成分。而由 $R_{16} \sim R_{19}$ 、 C_{16} 构成的电桥(增量脉冲识别电路),恰好可以区分上述二种信号成分。电桥的输出信号直接送到 N_{1c} 构成的电平比较器的两个输入端,将有三种情况发生:一是无节拍,直流成分使 N_{1c} 的同相



端电位低于反相端电位, N_{1c} 输出为零电平; 二是无直流成分, 节拍信号使上述状况相反, N_{1c} 输出高电平; 三是上述两种情况的综合, 当节拍信号到来时, 由于 C_{16} 上的电压来不及变化, 最终使 N_{1c} 仍输出一个高电平脉冲。 N_{1c} 输出的节拍脉冲再经 N_2 整形后, 滤除杂波, 使 FT 同步闪光。

尽管使用环境声音有大有小, 电桥电路也能在 20 dB 范围内自动适应。如果再加上 R_{15} 、 VD_9 进行限幅, 则整机对声控级的自动跟踪量可达 26 dB。

四、闪烁装饰彩灯应用电路

闪烁装饰彩灯应用电路是光控闪烁彩灯应用电路, 主要由电源电路、多谐振荡器和光控计数/分频控制电路组成。

其中, 电源电路由变压器 T, 整流二极管 $VD_1 \sim VD_4$ (IN4007), 三端稳压器 W7809, 电容器 C_1 、 C_2 , 电阻器 R 和电源指示灯 LED 组成, 如图 4-28 所示。交流 220 V 电压经变压器 T 降压、二极管 $VD_1 \sim VD_4$ 整流、三端稳压器 W7809 稳压、电容器 C_1 与 C_2 滤波, 输出 +9 V 直流电压供给多谐振荡器和十进制计数/分频器。

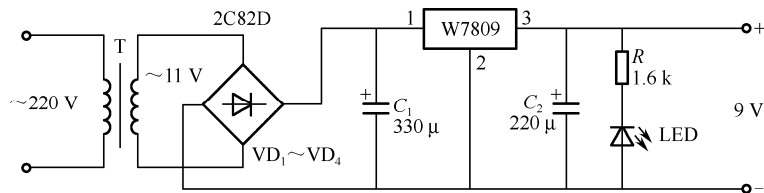


图 4-28 闪烁装饰彩灯应用电路之电源电路

多谐振荡器由集成芯片 IC_1 (MC14049), 电阻器 R_1 、 R_2 , 电位器 RP 和电容器 C 组成; 光控计数/分频控制电路由光电二极管 VD 、电阻器 R_3 和发光二极管 $LED_1 \sim LED_{18}$ 组成, 如图 4-29 所示。

白天, 由于光电二极管 VD 呈低阻抗, 集成芯片 IC_2 的 15 脚呈高电平, 集成芯片呈复位状态, $Q_1 \sim Q_9$ 均输出低电平, 发光二极管 $LED_1 \sim LED_{18}$ 不显示亮光。夜幕降临, 光电二极管 VD 呈高阻抗, 15 脚呈低电平被触发, 时钟脉冲送入 IC_2 的 14 脚, 则 IC_2 的 9 位输出端 $Q_1 \sim Q_9$ 依次输出高电平, 发光二极管 $LED_1 \sim LED_{18}$ 按顺序闪亮。从 $Q_1 \sim Q_9$ 闪亮一周后, 所有灯熄灭片刻, 又重新开始循环。

IC_1 为 MC14049 集成电路, 内部由 6 个反相缓冲/变换器单元电路组成, 它能实现高低电平的转换。本电路利用其振荡产生信号脉冲, 振荡周期由电位器 RP 调整, 调整范围为 1~10 s。MC14049 的外形及引脚排列如图 4-30 (a) 所示。 IC_2 为 MC14017 十进制计数/分频器, 其结构完全同 CD4017, 引脚排列如图 4-30 (b) 所示。

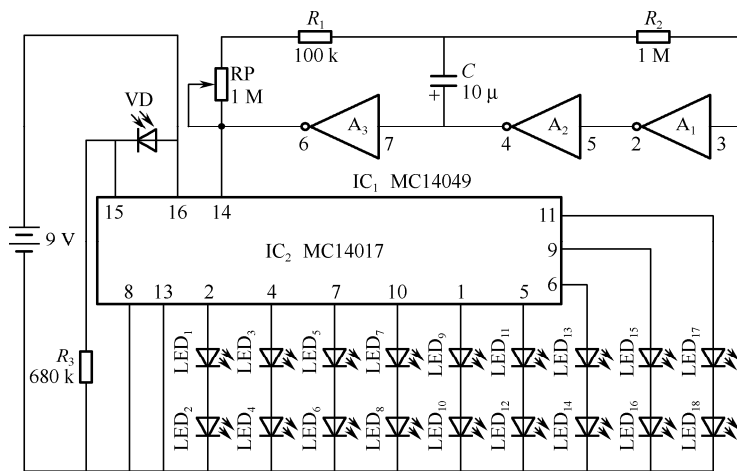
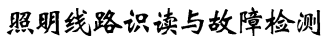


图 4-29 闪烁装饰彩灯应用电路

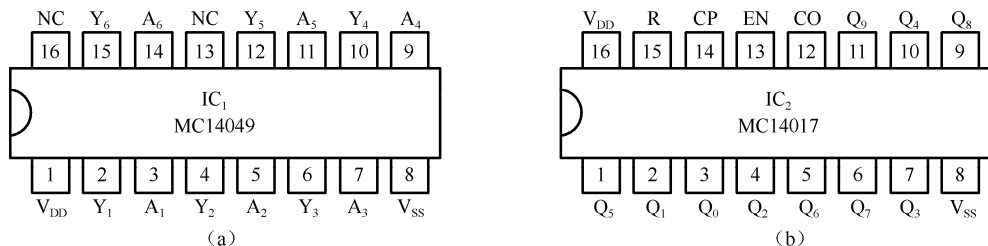


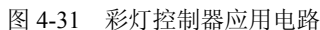
图 4-30 集成电路 MC14049、MC14017 引脚排列图

五、彩灯控制器应用电路

彩灯控制器电路由电源电路、多谐振荡器、计数/分频器和控制执行电路组成,如图 4-31 所示。

其中, 电源电路由整流二极管 $\text{VD}_1 \sim \text{VD}_4$ (IN4007)、限流电阻器 R_1 、稳压二极管 VS (IN4739) 和滤波电容器 C_1 组成; 多谐振荡器电路由时基集成电路 IC_1 (NE555) 和电阻器 R_2 、 R_3 , 电容器 C_2 、 C_3 组成; 计数/分频器电路由十进制计数/脉冲分配器集成电路 IC_2 (CD4017) 和二极管 $\text{VD}_5 \sim \text{VD}_{16}$ (IN4148) 组成; 控制执行电路由晶闸管 $\text{VTH}_1 \sim \text{VTH}_6$ (CR6AM) 和彩灯 $\text{HL}_1 \sim \text{HL}_6$ 组成。交流 220 V 电压经二极管 $\text{VD}_1 \sim \text{VD}_4$ 整流、电阻器 R_1 限流降压、稳压二极管 VS 稳压及电容器 C_1 滤波后, 产生 +9 V 直流电压, 作为集成电路 IC_1 和 IC_2 的工作电源。

多谐振荡器通电工作后,从集成电路 IC₁ 的 3 脚输出振荡信号,作为集成电路 IC₂ 的计数脉冲。集成电路 IC₂ 通电复位后开始计数工作,其 Q₀~Q₉ 端依次轮流输出高电平。



改变电容器 C_1 容量的大小, 可以改变彩灯闪光变换的速度。



第五节 路灯、警示灯控制线路

一、光控路灯开关电路

光控路灯应用电路由电源电路和光控电路组成,如图 4-32 所示。

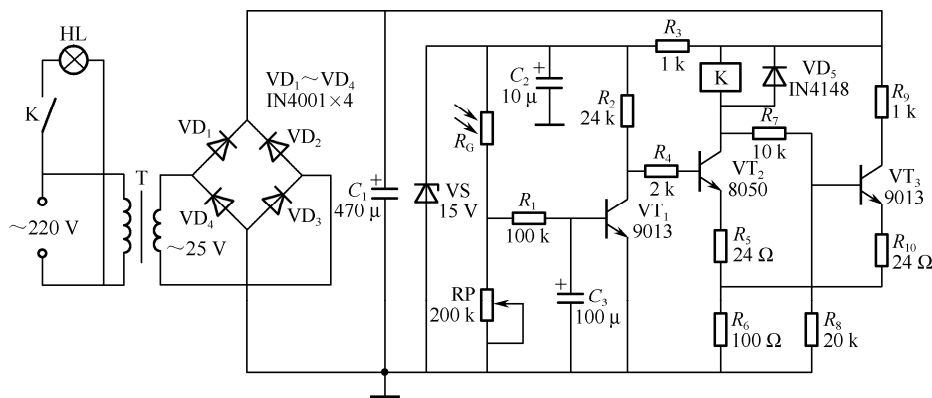


图 4-32 光控路灯应用电路

其中电源电路由变压器 T (220 V/25 V)、整流二极管 $VD_1 \sim VD_4$ (IN4001)、滤波电容器 C_1 和稳压二极管 VS (IN4744) 组成; 光控电路由光敏电阻器 R_G 、电位器 RP、电阻器 $R_1 \sim R_{10}$ 、电容器 C_2 与 C_3 、晶体三极管 $VT_1 \sim VT_3$ (C8050)、整流二极管 VD_5 (IN4148) 和继电器 (KJQX-13F) 组成。交流 220 V 电压经变压器 T 降压、二极管 $VD_1 \sim VD_4$ 整流、电容器 C_1 滤波、稳压二极管 VS 稳压后, 产生 +15 V (V_{CC}) 直流电压供给光控电路。

白天, 光敏电阻器 R_G 受自然光线照射呈现低电阻, 三极管 VT_1 导通, 其集电极为低电平, 所以射极耦合触发器中的 VT_2 截止, VT_3 导通, 继电器 K 不动作, 照明灯 HL 不亮。

傍晚天黑到一定程度时, 由于光敏电阻器 R_G 感受的光线减弱, 电阻变大, 其电流不足以维持 VT_1 导通, VT_1 集电极输出高电平, 射极耦合触发器翻转, 即晶体三极管 VT_2 导通, VT_3 截止, 继电器 K 吸合, 其动合触点 K 闭合, 照明灯 HL 点亮发光。

调节电位器 RP 可以改变电路的光控起控点, 使路灯在合适的光照度下开始点亮发光。

电阻器 R_1 、电容器 C_2 组成干扰脉冲吸收电路, 可防止夜间短暂光线照射或白天落叶、飞纸等因素短暂遮挡导致的电路误动作。

下面再介绍一种具有双门限的光控电路, 它由电源电路和自动控制电路组成, 如图 4-33 所示。

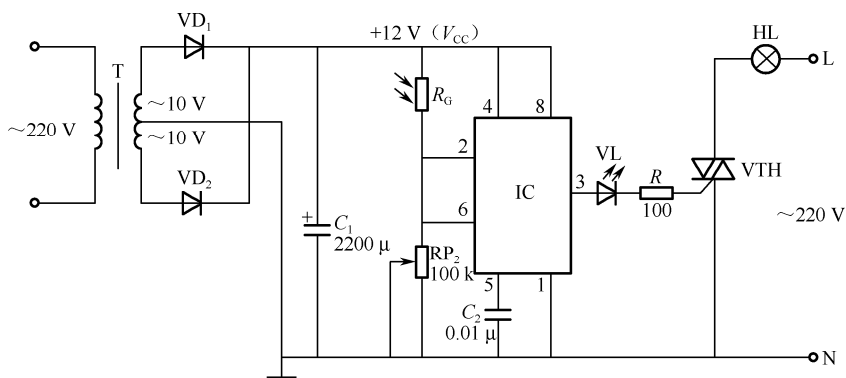


图 4-33 具有双门限的光控路灯应用电路

其中，电源电路由电源变压器 T，整流二极管 VD_1 (IN4007)、 VD_2 (IN4007) 和滤波电容器 C_1 组成；自动控制电路由光敏电阻器 R_G 、时基集成电路 IC (NE555)、电位器 RP 、电容器 C_2 、发光二极管 VL、电阻器 R 和晶闸管 VTH 组成。

交流 220 V 电压经 T 降压、 VD_1 和 VD_2 整流及 C_1 滤波后，为 IC 提供 +12 V 左右的直流工作电压 (V_{CC})。

在白天，光敏电阻器 R_G 受自然光照射而呈低阻状态，集成电路 IC 的 2 脚和 6 脚均为高电平（高于 $\frac{2}{3}V_{CC}$ ），3 脚输出低电平，发光二极管 VL 不发光，晶闸管 VTH 处于截止状态，照明灯 HL 不亮。

黄昏时，随着自然光照度的下降，光敏电阻器 R_G 的阻值逐渐增大，集成电路 IC 的 2 脚、6 脚电压逐渐下降。当集成电路 IC 的 2 脚电压降至 $\frac{1}{3}V_{CC}$ ，集成电路 IC 内部的触发器翻转，3 脚输出高电平，使发光二极管 VL 点亮，晶闸管 VTH 受触发而导通，路灯电源被接通，照明灯 HL 点亮。

第二天黎明到来时，自然光照度逐渐变亮，光敏电阻器 R_G 的阻值逐渐变小，集成电路 IC 的 2 脚、6 脚电压逐渐上升。当集成电路 IC 的 6 脚电压升至 $\frac{2}{3}V_{CC}$ 时，集成电路 IC 内部的触发器翻转，3 脚由高电平变为低电平，使发光二极管 VL 熄灭，晶闸管 VTH 截止，路灯电源被关闭，照明灯 HL 熄灭。

调节电位器 RP 的阻值，可改变光控电路对自然光照度的灵敏度。

二、警示灯控制应用电路

夜间，在道路施工的危险之处，常能看到红色闪光警示灯，它一会儿点亮，一会儿熄



灭，以引起过往车辆和行人的注意。在无线电信号的发射塔上或超高型建筑物上也装有闪烁的红色警示灯，用来提示过往飞机。

警示灯控制应用电路由电源电路、光控电路和超低频振荡器控制电路组成，如图 4-34 所示。

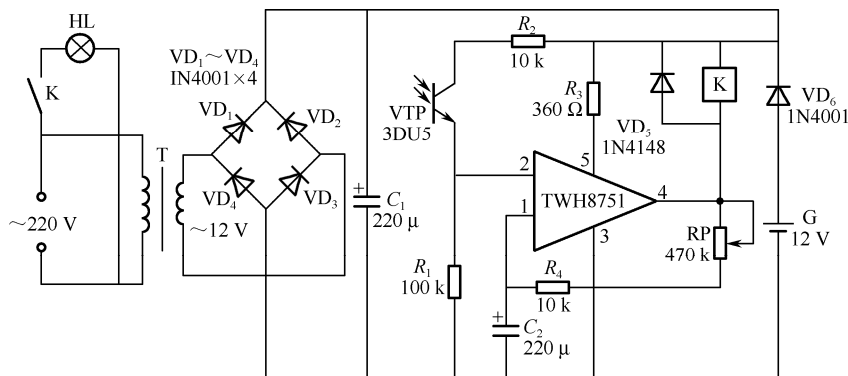


图 4-34 警示灯控制应用电路

其中，电源电路由变压器 T（220 V/12 V）、整流二极管 $VD_1 \sim VD_4$ （IN4001）、滤波电容器 C_1 、二极管 VD_6 和 +12 V 蓄电池组成；光控电路由光敏晶体管 VTP（3DU5）和电阻器 R_1 、 R_2 组成；超低频振荡器控制电路由集成电路 TWH8751、电阻器 R_3 与 R_4 、电位器 RP、电容器 C_2 、继电器 K（JZC-22F）和整流二极管 VD_5 （IN4148）组成。

超低频振荡器的振荡频率可通过电位器 RP 进行调节。白天光敏晶体管 VTP 受光照射呈现低电阻，TWH8751 的选通端 2 脚为高电平（ ≥ 1.6 V），其内部晶体三极管截止，4 脚输出高电平，继电器 K 不动作，其动合触点 K 打开，警告灯 HL 不亮。当夜幕降临时，随着光照减弱，光敏晶体管 VTP 电阻逐渐变大，从而使 TWH8751 的 2 脚电平下降，当降至 1.2 V 以下时，TWH8751 组成的振荡器起振，第 4 脚就交替输出高电平与低电平，继电器 K 间歇吸合与释放，警告灯 HL 就闪闪发光。

调节电位器 RP 的阻值，可以改变灯的闪光频率。更改电阻器 R_1 的阻值，则可调整电路的光控灵敏度。

第五章 照明线路的保护

第一节 照明线路保护的类型

流过导线的电流过大时，由于导线温升过高，会对其绝缘、接头、端子或导线周围的物质造成损害。温升过高时，还可能引起着火，因此，照明线路应具有过电流保护装置。过流的原因主要是短路或过负荷（过载），因此过流保护又分为短路保护和过载保护两种。

照明线路还应装设能防止人身间接电击及电气火灾、线路损坏等事故的接地故障保护装置。间接电击是指电气设备或线路的外壳，在正常情况下它们是不带电的，但在故障情况下，由于绝缘损坏导致电气设备外壳带电，当人触及时，会造成伤亡事故。

因此，应装设短路保护、过载保护和接地故障保护，用于切断供电电源或发出报警信号，一般采用熔断器、断路器和剩余电流保护装置。

一、短路保护

线路的短路保护是指在短路电流对导体和连接件产生的热作用和机械作用造成危害前切断短路电流。

所有照明配电线路均应设短路保护，通常用熔断器或低压断路器的瞬时脱扣器作短路保护。

二、过载保护

照明配电线路除不可能增加负荷或因电源容量限制而不会导致过载者外，均应装过载保护。通常用断路器的长延时过流脱扣器或熔断器作过载保护。

三、接地故障保护

接地故障是指相线对地或与地有联系的导体之间的短路。它包括相线与大地，及 PE 线、PEN 线、配电设备和照明灯具的金属外壳、敷线管槽、建筑物金属构件、水管、暖气管以及金属屋面等之间的短路。



接地故障是短路的一种,需要及时切断电路,以保证线路短路时的热稳定。不仅如此,若不切断电路,则会产生更大的危害,当发生接地短路时在接地故障持续的时间内,与它有联系的配电设备(照明配电箱、插座箱等)和外露可导电部分对地、对装置外导电部分间存在故障电压,此故障电压可使人身遭受电击,也可因对地的电弧或火花引起火灾或爆炸,造成严重的生命财产损失。由于接地故障电流较小,保护方式还因接地形式和故障回路阻抗不同而异,所以接地故障保护比较复杂。

① 切断接地故障的时限,应根据系统接地形式和用电设备使用情况确定,但最长不宜超过 5 s。

在正常环境下,人身触电时安全电压限值 U_L 为 50 V。当接触电压不超过 50 V 时,人体可长期承受此电压而不受伤害。

② 应设置总等电位连结,将电气线路的 PE 干线或 PEN 干线与建筑物金属构件和金属管道等导体连结。

因保护电气产品的质量、电气参数的选择和其使用过程中性能变化及施工质量、维护管理水平等原因,单一的切断故障保护措施并非完全可靠。采用接地故障保护时,还应采用等电位连结措施,以降低电气装置或建筑物内人身触电时的接触电压,提高电气安全水平。

第二节 照明线路常用的保护装置

常用的照明线路的保护装置主要是熔断器、自动空气断路器(自动开关)和成套保护装置,如照明配电箱等。

一、熔断器

熔断器是一种保护电器,它主要由熔体和安装熔体用的绝缘器组成。它在低压电网中主要用于短路保护,有时也用于过载保护。熔断器的保护作用是靠熔体来完成的,一定截面的熔体只能承受一定值的电流,当通过的电流超过规定值时,熔体将熔断,从而起到保护作用。熔体熔断所需时间与电流的大小有关,即通过熔体的电流越大,熔断的时间越短。

最常用的低压熔断器的系列产品设备有: RC 系列瓷插式熔断器,用于负载较小的照明线路; RL 系列螺旋式熔断器,适用于配电线路的过载和短路保护,也常作为电动机的短路保护电器; RM 无填料密封管式熔断器; RT 系列有填料密封管式熔断器,灭弧能力强,分断能力高,并有限流作用。



二、低压断路器

低压断路器又称自动空气开关，属于一种能自动切断电路故障的控制兼保护的电器，按其用途可分为：配电用断路器、电动机保护用断路器、照明用断路器。按其结构可分为塑料外壳式、框架式、快速式、限流式等。但基本类型主要有万能式和装置式两系列，分别用 W 和 Z 表示。

为了满足保护动作的选择性，过电流脱扣器的保护方式有：过载和短路均瞬时动作；过载具有延时，而短路瞬时动作；过载和短路均为长延时动作；过载和短路均为短延时动作。

目前常用低压断路器的型号主要有 DW16、DW15、DZ5、DZ20、DZ12、DZ6 等系列，近年来一些厂家生产出了一些具有国际先进水平的新产品，如施耐德有限公司生产的 C65 N 系列产品，具有体积小、重量轻，工作可靠等特点。C65N 系列断路器的主要技术数据如表 5-1 所示。

表 5-1 C65N 系列断路器的主要技术数据

型 号	极 数	额定电压/V	脱扣器额定电流/A	分 断 能 力
C65N	单极	230/400	1、2、4、6、10、16、20、25、32、40、50、63	6000
	双极			
	三极			
	四极			
C65A	单极	230/400	6、10、16、20、25、32、40、50、63	4500
	双极			
	三极			
	四极			
C65H	单极	230/400	1、2、4、6、10、16、20、25、32、40、50、63	10000
	双极			
	三极			
	四极			
C65L	单极	230/400	1、2、4、6、10、16、20、25、32、40、50、63	15000
	双极			
	三极			
	四极			



三、漏电保护装置

对于照明线路,无论是采用 TN 还是采用 TI 系统保护,都有不足之处。如三种 TN 系统的保护装置对于线路绝缘损坏所引起的漏电就不一定能正常工作。在家用电器种类日益增多、使用越来越普遍的情况下,在各种保护系统中另加漏电保护装置的优点十分明显。漏电保护器又称配电保护器,主要用来防止致命危险的人身触电的发生,以及防止因电气设备或线路漏电而引起的火灾。

漏电保护器分类方式有很多,比如按其动作原理可分为电压型、电流型和脉冲型;按其脱扣的形式可分为电磁式和电子式;按其保护功能及结构又可分为漏电继电器、漏电断路器、漏电开关及漏电保护插座。

四、照明配电箱

标准照明配电箱是按国家标准统一设计的全国通用的定型产品。照明配电箱内主要装有控制各支路的刀闸开关或低压断路器、熔断器,有的还装有漏电保护开关等。近年来推出的照明配电箱种类繁多,如 XM-4 型、XM(R)-7 型、XM(R)-8 型和 GXM(R) 型照明配电箱。

第三节 照明线路保护装置的装设

一、保护装置的装设类别

(1) 所有线路均应装设短路保护。

(2) 下列情况必须装设过负荷保护:

① 住宅、重要仓库、公共建筑、商店、工矿企业的办公和生活用房、有火灾或爆炸危险的房间内。

② 当有延燃性外层的绝缘导线明敷在易燃体的建筑结构上时。

二、保护装置的装设位置

(1) 配电箱及其他配电装置的出线上。

(2) 向建筑物供电的进线处。当建筑物进线由架空线支线接入、而架空线已采用 20 A 及以下的保护装置时,其接入建筑物的支线可不装设保护。



(3) 220/12~36 V 变压器的一、二次侧。

二、保护装置装设的注意事项

① 一般情况下,保护装置和开断设备不能装设在 N 线或 PEN 线上,而只装设在相线上;但对有爆炸危险场所的单相两线制电路中的相线与 N 线或 PEN 线,均应装设短路保护,并使用双极开关同时切断相线与 N 线或 PEN 线。

② 三相三线、单相和直流两线电路中,如采用低压断路器(自动开关)保护,可将它装在三相三线电路的两相上和两线电路的一相上。

③ 道路照明的各回路应有保护,而且每一灯具宜装设单独的熔断器保护。

第四节 照明线路保护装置的选择

一、熔断器的选择与校验

① 熔断器的额定电压必须大于或等于线路的额定电压,即 $U_{N-FU} \geq U_N$ 。

② 熔断器熔体的额定电流 I_{N-FE} 必须大于或等于线路的计算电流 I_{30} ,而且必须大于线路的启动电流 I_{st} ,即

$$I_{N-FE} \geq KI_{30}$$

式中 K 为保证熔体额定电流大于线路启动电流的一个计算系数,按表 5-2 确定。

表 5-2 照明线路熔断器保护的计算系数 K 值

熔断器型号	熔体材料	熔体电流/A	计算系数 K 值		
			白炽灯、卤钨灯、 荧光灯、金属卤化物灯	高压汞灯	高压钠灯
RL1	铜、银	≤ 60	1	1.3~1.7	1.5
RC1A	铅、铜	≤ 60	1	1~1.5	1.1

③ 熔断器断流能力的校验。

● 对限流熔断器(如 RL1 型):

$$I_{oc} \geq I''^{(3)}$$

式中 I_{oc} 为熔断器的最大分断电流; $I''^{(3)}$ 为熔断器安装地点的三相次暂态短路电流有效值;

● 对非限流熔断器(如 RC1A 型):

$$I_{oc} \geq I_{sh}^{(3)}$$

式中 $I_{sh}^{(3)}$ 为熔断器安装地点的三相短路冲击电流有效值。



④ 熔断器保护还应与被保护的线路相配合，特别是有爆炸危险的场所，导线的允许载流量不应小于熔断器熔体额定电流的 1.25 倍（即熔体额定电流不应大于导线允许载流量的 0.8 倍）。

二、断路器（自动开关）的选择、整定与校验

① 照明用断路器（自动开关）的额定电压必须大于或等于线路的额定电压，即 $U_{N.QF} \geq U_N$ 。

② 断路器的额定电流 $I_{N.QF}$ 必须大于或等于线路的计算电流 I_{30} ，而且其过流脱扣器额定电流 $I_{N.OR}$ 也必须大于或等于线路的计算电流 I_{30} ，即

$$I_{N.QF} \geq I_{N.OR} \geq I_{30}$$

③ 断路器过流脱扣器的动作电流 I_{op} 按式（5-1）整定：

$$I_{op} \geq KI_{30} \quad (5-1)$$

式中 K 为保证断路器实现过负荷保护或短路保护的一个计算系数，按表 5-3 确定。

表 5-3 照明线路断路器保护的计算系数 K 值

断路器脱扣器类型	计算系数 K 值		
	白炽灯、卤钨灯、荧光灯、金属卤化物灯	高压汞灯	高压钠灯
带热脱扣器的断路器	1	1.1	1
带瞬时脱扣器的断路器	6	6	6

④ 断路器断流能力的校验。

对动作时间在 0.02 s 以上的万能式断路器（DW 型）：

$$I_{oc} \geq I_k^{(3)}$$

式中 $I_k^{(3)}$ 为通过断路器的最大三相短路电流周期分量有效值。

对动作时间在 0.02 s 及以下的塑壳式断路器（DZ 型）：

$$I_{oc} \geq I_{sh}^{(3)}$$

或

$$i_{oc} \geq i_{sh}^{(3)}$$

式中 $I_{sh}^{(3)}$ 和 $i_{sh}^{(3)}$ 为通过断路器的最大三相短路冲击电流有效值和瞬时值。

⑤ 断路器的过电流保护还应与被保护的线路相配合，特别是有爆炸危险的场所，导线的允许载流量，不应小于断路器过流脱扣器的动作电流的 1.25 倍（即断路器过流脱扣器动作电流不应大于导线允许载流量的 0.8 倍）。

第六章 照明线路的运行 维护与故障排除

第一节 照明线路的运行维护

一、照明装置的一般运行要求

① 对于用电容量较大且以照明用电为主的单位，例如学校、商场、饭店、写字楼等场所，应建立健全照明装置的技术管理资料，如供电系统图、平面布线图、电气线路竣工图，检修、试验记录等。

② 特殊形式的照明灯具及其附件、开关、熔断器等应有一定数量的备品或备件。

③ 运行过程中，照明装置经过大修、变更设备、变动配线路径以及更换导线截面后，均应修改相应的电气图样及资料。

④ 运行过程中，如果增加了照明设备，应验算原来的导线、开关、熔断器等是否能满足技术规定，同时对安装日期、接用容量、施工单位等作详细记录。

⑤ 在使用前应对节日彩灯进行全面的绝缘检查和安装质量检查，使用后应及时将电源断开。

二、照明装置的巡视、检查周期

照明装置应进行定期和不定期的巡视与检查工作。

① 定期做好季节性的维护检查。例如北京地区，每年4月15日前，应做好雨季前的检查和检修工作；7~8月期间，应做好雷雨季节中的检查；11月底以前应做好防寒防冻的检查。

② 对于易燃、易爆等场所的照明装置的巡视和检查，一般每季度不少于一次。

③ 对在天花板上安装的吸顶灯、荧光灯镇流器等发热元件，应在运行一年后进行抽查，检查有无烤焦木台、导线烧焦等现象，必要时对全部照明灯具加强防火措施。

④ 每次暴风雨、大风后应进行巡视和检查工作。



三、照明装置的检查内容

- ① 检查照明装置的金属外壳、构架、金属管座等需要进行保护接地的部分，接地线是否完好，有无漏接、虚接、断线等情况，发现问题应及时修复。
- ② 检查插座有无烧伤，接地线的位置是否正确，接触是否良好。
- ③ 检查灯具各部件有无松动、脱落、损坏，发现问题应及时修复或更换。
- ④ 检查开关是否断相线，螺口灯相线和零线接法是否正确，发现问题应及时修复。
- ⑤ 检查灯泡容量是否超过额定容量，100 W 以上灯具应使用瓷质灯口。
- ⑥ 检查熔断器熔体有无烧损、熔断，接触是否良好，熔体的额定电流不应超过照明灯具额定电流的 1.5 倍。
- ⑦ 检查室外照明灯具的开关控制箱是否漏雨，灯具的泄水孔是否畅通；清除灯具内的杂物。
- ⑧ 检查漏电保护器是否完好，外壳各部分及其上部件、连接端子应牢固、不变色，操作手柄应灵活可靠。
- ⑨ 检查局部照明变压器是否完好，引线绝缘有无损坏，如有损坏应及时修复或更换。

第二节 照明线路的常见故障及其排除

由于元件材料的质量较差、安装不妥、设计有误、环境条件恶劣等因素，照明线路常会发生断路、短路、混线、漏电等事故，这些事故应及时处理，以保证照明线路正常工作。

一、断路故障及其排除

1. 故障原因

发生断路时，电路无电压，照明灯不亮，用电器具不能工作。

照明线路断路故障按其影响范围可分为全部断路、局部断路和个别断路 3 种：

① 全部断路。这类故障主要发生在干线上、配电和计量装置中以及进户装置的范围内。通常，首先应依次检查上述部分每个接头的连接处（包括熔体接线桩），一般以线头脱离连接处这一故障最为常见；其次，检查各线路开关动、静触头的分合闸情况。

② 局部断路。这类故障主要发生在分支线路范围内。一般先检查每个线头的连接处，然后检查分路开关。如果分路导线截面较小或分路导线为铝导线，则应考虑芯线可能在绝缘层内断裂而造成局部断路。



③ 个别断路。这类故障一般局限于接线盒、灯座、灯开关,以及它们之间的连接导线的范围内。通常,可分别检查每个接头的连接处,以及灯座、灯开关和插座等部件的触点的接触情况(对于荧光灯,则应检查每个元件的连接情况)。

按断路故障发生的导线性质可分为相线断路或中性线断路两种。

照明线路出现断路故障的主要原因是:

- ① 导线线头松散脱落,如灯头线未拧紧,脱离接线柱。
- ② 开关触头烧蚀或弹簧弹性下降,使开关接触不良。
- ③ 灯泡钨丝烧断、接合销损坏、灯头和灯座的接合缺口断裂脱落。
- ④ 导线活动部分的连接线因机械疲劳而断裂,或铝导线线头受严重腐蚀而断开。
- ⑤ 外力将导线碰断。
- ⑥ 熔断器熔体熔断。

⑦ 敷设线路时,导线接头处压接不实,接触电阻过大,使接头处长期过热,造成导线、接线端子接触处氧化。

2. 检查方法

断路故障的检查通常采用分段检查的方法,先把分路开关拉闸,合上总开关。

① 检查总开关上闸口是否有电,可用试电笔测试上闸口接线端子,如发光很亮,则说明正常,用万用表测试与零线的电压应为 220 V。如发光较暗,则说明进线有虚接、松动现象,可将接线端子拧紧,并检查接点压接部位的绝缘层是否剥落、锈蚀;处理后仍较暗,则说明进线有误;可到上级开关的下闸口检查,如正常,则说明故障点在线路上,可检查该段线路的接头是否连接良好;如不正常,则说明线路有断线点,可将线路电源断开,验证无电且放电后,一端与地线封死,另一端用万用表测试,确认是否断线。断线处理,如果是架空明设,可巡视线路后将断开点重新接好;如果是管内敷线,应将导线抽出,更换新导线。

如果试电笔氖泡不发光,则说明进线断路,可到上一级开关的下闸口检查,如正常,则说明故障点在线路上。

如到上一级开关下闸口检查,和在总闸上闸口检查结果相同,则说明故障在上一级开关或线路上。

② 检查总开关的下闸口,如不正常,则说明总开关有误、接触不良、假合、熔丝熔断等。如正常,可在盘上、箱内检查各分路开关的下闸口是否正常,如不正常,可在盘上、箱内检查线路或开关,因盘上线路较短很容易发现故障点。如正常则说明故障在由盘或闸箱送出的回路上。

③ 上述的电压测量是在假定零线不断的情况下进行的,如果氖泡发光很亮,与零线间进行电压测量却为 0,则很可能是零线断线。为了进一步证实,可在相线与地线间测量电



压,有时从接地端直接进行线线测量。

④ 盘上或箱内正常后,可在送出的支路上检查,最好是将各个支路上的开关都关掉,特别是拉线开关,必须将盒盖打开,才能确认是否已断开。先将距闸箱最近的一个开关闭合,看其控制的灯是否点亮。如亮则说明这只灯到总闸箱这段线正常,可往下再试距这个灯最近的一个开关回路,直至最后一个回路;如不亮,则说明闸箱到这只最近的开关回路或上一个正常测试点到这只开关或灯头有断路现象。可将开关的盒盖打开先用测电笔测试一下静触点是否有电,如很亮,则可用万用表测试其对地电压,应为 220 V;如对零线电压为零,则说明这段回路中零线断线;如对零线电压正常,则说明开关虚接,开关接触不良,灯头虚接以致到灯头的导线断线等,一一检查,直至找出故障点。

⑤ 线路正常后,可测量插座的电压应正常;如电压为零,可先用试电笔测其发光是否正常;如正常,则为零线断线,再用与地线电压来证实;如无光,则为相线断线。无论哪种,都应将盒打开,检查接线是否良好以及插座进线始端的接头是否良好。

⑥ 在支路上检查时,如不将所有开关都断开,或只将部分断开,而另一部分闭合,这时如用试电笔测试,相线、零线都有电,氖泡很亮,则说明零线断线;如发光较暗,则说明相线虚接;如不亮,则说明相线断线。但究竟哪段导线故障,还得按④中的方法一一检查。

二、短路故障及其排除

1. 故障原因

线路发生短路时,因短路电流很大,短路故障的现象是合闸后熔丝立即熔断或断路器合闸后立即跳闸。若熔体选择不当而不能及时熔断,短路电流将使电线发热,致使绝缘老化,甚至烧毁导线、引起火灾。

引起线路短路的原因有:

- ① 接线时将相线(火线)与地线(零线)弄混,致使相线与地线碰接。
- ② 灯座、灯头、吊线盒、开关内的接线柱螺钉松动,或未将绞合线拧紧,以致铜丝散开,线头相碰。
- ③ 在该用插头的位置不用插头,直接将线头插入插座孔内造成混接短路。
- ④ 电气器具内部绝缘损坏,引起导线触碰金属外壳而引起短路。
- ⑤ 房屋失修或漏水,造成灯头或开关过潮甚至进水,内部相通短路。
- ⑥ 导线绝缘受外力导致绝缘层损坏,在破损处发生电源线碰线或接地情况等。
- ⑦ 螺口灯座的顶芯和螺纹部分松动,拧紧灯泡时顶芯发生位移,顶芯与螺纹部分相碰。



2. 检查方法

检修短路故障时，一般可利用试灯来检查，一般步骤如下：

① 首先将故障分支线路上所有灯的开关断开，并拔下插头，取下熔断器熔体；然后将试灯接在该分支线路总熔断器的两端，串接在被测线路上，随后合闸送电。

如果试灯正常发光，说明该线路存在短路故障，应检查这段导线是否有短路现象或从这段导线接出的回路是否有短路现象。

如果试灯不发光，说明线路正常，应对每一盏灯、每一个插座进行检查。

② 检查每一盏灯时，可依次将每只灯的开关合上，每合一个开关都要观察试灯（试灯的功率与被检查灯的功率应相差不大）是否正常发光（试灯接在总熔断器处）。合上某只灯的开关，若试灯发光，则说明故障存在于该灯上，可断电进一步检查。

可先检查螺口灯口内的中心舌片与螺口是否接触，是否有短路电弧的“黑迹”，可检查灯泡灯丝是否短路，可更换灯泡或用万用表测量灯丝的电阻；然后可将管口处的导线拆开，用绝缘电阻表测量管内导线的绝缘性能。如无故障点，那么可检查开关接线是否错误，将一零（线）一相（线）接在开关点上及插座接线是否错误；检查接线盒内各接头包扎绝缘是否良好，是否碰壳或零线、相线碰触以及管、盒内潮湿有水等。短路点一般都有短路电弧的“黑迹”；如仍无故障点，则是元件本身的绝缘不良或因为污迹造成短路等。

如果试灯不发光，则说明故障不在该灯上，可检查下一盏灯，直至查出故障点。插座检查也是如此。

当然，也可用万用表的电阻挡在断电情况下进行电路分段检查来找出故障点。

断路与短路的检查是一项耐心的工作，不得操之过急，严禁乱拆乱卸及不按程序东一头、西一头地检查。晚上检查故障时必须开启临时照明，并注意安全。检查故障应按房号分组一一检查，每组一般不超过三人，要配合默契。

3. 检查注意事项

使用试灯检查短路故障应注意以下问题：使用试灯检查短路故障时，实际上试灯与被检测灯为串联，试灯灯泡功率应与被检测灯泡功率相差不大。这样，当该灯无短路故障时，试灯与被检测灯发光都暗。若试灯与被检测灯功率相差很大，则容易出现误判。例如，若试灯功率为 15 W，被检测灯功率为 200 W，则试灯两端电压约为 204 V，此时试灯发光接近正常，而被检测灯两端电压很低，不能发光，容易误判为有短路故障。遇到这种情况，可采用功率较大的灯泡作为试灯，或者将被检测灯的灯泡取下，用万用表测试试灯两端的电压是否与电源电压相同。若相同，则表明该灯所在的线路上有短路故障。



三、混线故障及其排除

1. 故障原因

混线故障一般发生在暗配管的照明线路中，试灯时若发现某回路的开关未合上而电能表转动或者有电流（电能表通常串接于开关的上闸口），或者开关已合而各个支路灯开关没有闭合时电能表仍转动或仍有电流，则说明已混线。

2. 检查方法

混线回路的确定和判断：发现上述混线现象后，先将各分路开关断开，将总开关闭合，然后按以下步骤逐一检查。

① 总电能表不应转动，否则说明电能表失灵或总电能表出线接有通往别处的回路，查出并切断这些回路，如仍转动，应将电能表拆下进行校验。

② 将第一分路开关合上，将其他各支路的开关全断开，该分路电能表不应转动。把与第一分路所辖房间相邻的其他房间（这些房间是属第二分路或第三分路所辖的）各支路的灯按顺序闭合，然后再断开，与此同时观察第一分路的电能表是否转动，如转动则说明该支路的灯发生混线，为了可靠应反复试验几次加以确认。

③ 将第一分路开关断开，将确认混线灯的分路开关闭合，然后将混线灯支路开关闭合，这时该灯不能点亮。如能点亮则说明第一分路与该分路的主干线已连通，如图 6-1 所示。这时将第一分路开关也闭合，混线灯仍点亮，说明两分路干线的相序相同；如不能点亮并且熔丝熔断，则说明相序不同。

④ 按上述方法将所有分路有无混线一一试完，确定已混线灯具。

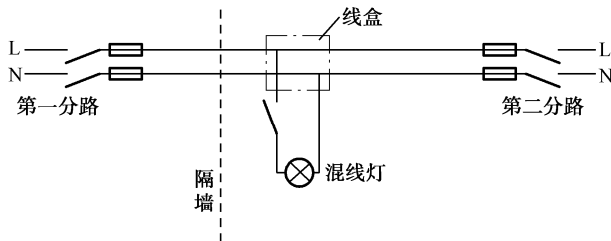


图 6-1 灯具混线示意图

3. 故障排除

混线排除最好是在房间内装修前进行，否则将会影响装修工程。必须处理时，方案须经土建及建设单位同意。

① 重新布管法：先将混线灯具的接线盒打开，把混接的导线拆下并从管路中抽出；量



出混线灯距非混线分路开关所辖房间最近的电源点（如插座、开关等）的距离，用开槽机或手工将地面或墙开出能埋入中 $\Phi 15\text{ mm}$ 钢管的小槽，并将加工好的管埋入槽中，管的两端应进入混线灯和电源点的盒内，并用电焊点住，点焊时应防止伤及原导线，必要时可将原导线暂时抽出。最后用水泥砂浆将槽抹平，最后穿线、接线、试灯。重新布管法适用于对装修要求较高、不得有明设管路的场所。

② 槽板明设法：对于要求不高的场所可采用槽板明设法补救。方法基本同前，只是在量出的电源距离内用明装槽板代替，槽板的两端应分别将线盒压住，线从槽板后面引至线盒，线盒的露出部分应用与墙及楼板颜色相同的装饰板盖住并固定。槽板应刷与装修线条相同的色漆。槽板的敷设应采用塑料胀管。

③ 钢管（或塑料管）明设法：在工业厂房或要求不高的公共场所可采用钢管或塑料管明设补救，方法同上，管路的敷设方法应按管路明装的要求进行，管路应刷与装修线条相同的色漆。

④ 能不重新布管且又能解决混线的方案最好，但这要根据现场情况决定。

四、漏电故障及其排除

照明线路发生漏电故障时，不仅浪费电能，而且还将影响用电设备的正常工作，有时甚至发生触电事故和引起电气火灾。漏电与短路的本质相同，只是事故发展程度不同而已。漏电严重时，会造成短路，因此常将漏电视为短路的先兆，对漏电故障切不可掉以轻心。一旦发现线路漏电，应立即查明故障点和故障原因，并采取措施及早消除。

1. 故障原因

- (1) 导线和电气设备的绝缘受外力损伤。
- (2) 线路长期运行，引起绝缘老化变质。
- (3) 线路浸水受潮或被污染，造成绝缘不良。
- (4) 导线接头包缠不紧密。

2. 检查方法

① 判断是否漏电 可用绝缘电阻表摇测线路的绝缘电阻；如果测得的绝缘电阻值很低或为 0，则表明线路漏电。也可以在被测线路的总开关上接一只电流表，取下所有灯泡，接通全部电灯开关，仔细观察。若电流表指针偏转，则表明线路有漏电故障。指针偏转的幅度取决于电流表的灵敏度和漏电电流的大小。若指针偏转幅度大，则表明线路严重漏电。

② 判断漏电性质 切断零线，观察电流表指示值的变化情况。若电流表指示不变，则表明相线与大地间漏电；若电流表指示为零，则表明相线与零线间漏电；若电流表指示变



小但不为零，则表明相线与零线、相线与大地间均漏电。

③ 确定漏电范围 取下分路熔断器或拉开刀开关，观察电流表指示值的变化情况。若电流表指示值不变，则表明总线漏电；若电流表指示值为零，则表明分路漏电；若电流表指示值变小但不为零，则表明总线和分路均漏电。

④ 找出漏电部位 按上述方法确定漏电的分路或线路后，依次断开该线路的灯具开关。断开某一开关，若电流表指示值回零，则表明该分支线漏电；若电流表指示值变小，则表明除该分支线漏电外，还有其他漏电点；若所有灯具开关断开后，电流表指示值仍不变，则表明该段干线漏电。

按上述方法依次将故障范围缩小，进一步检查该段线路的接头、导线穿墙处等部位是否漏电。查出漏电部位后，彻底排除故障。